



Trabajo para la obtención del Título de  
Graduado en Ciencias de la Actividad Física y  
del Deporte

**EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE  
ENTRENAMIENTO MEDIANTE  
ELECTROESTIMULACIÓN DE CUERPO  
COMPLETO EN LA COMPOSICIÓN  
CORPORAL EN DOS MUJERES**

**Autor:**

D.FRANCISCO JAVIER REINA DE SANTOS

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de  
la Actividad Física y del Deporte (INEF)

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2014 -2015





Trabajo para la obtención del Título de Graduado  
en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE  
ENTRENAMIENTO MEDIANTE  
ELECTROESTIMULACIÓN DE CUERPO  
COMPLETO EN LA COMPOSICIÓN  
CORPORAL EN DOS MUJERES**

Autor:

D. FRANCISCO JAVIER REINA DE SANTOS

**Dirigido por:**

Dra. Rocío Cupeiro Coto

(Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte)

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la  
Actividad Física y del Deporte (INEF)

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2014-2015



## **Agradecimientos**

En primer lugar quería dar las gracias a mi madre y a mi padre por apoyarme en todo lo que he hecho, en lo que estoy haciendo y estoy seguro de que me apoyarán en todo lo que haré. Ellos han sabido guiarme por el camino correcto hasta el día de hoy y se han esforzado mucho para que esté donde estoy.

En segundo lugar, quería agradecer el inmenso esfuerzo de las dos participantes del programa con el chaleco de electroestimulación, ya que en ocasiones a pesar de no tener tiempo para ellas, se han esforzado por venir a entrenar y seguir todas mis recomendaciones de la mejor manera posible, además de seguir a rajatabla la dieta propuesta para el programa. Estoy seguro que después de todo lo sufrido, he abierto la puerta de la actividad física en ambas participantes debido a las sensaciones y resultados que obtuvieron.

También quería agradecer la pasión y esfuerzo de algunos de los profesores de la casa, como la Dra. Amelia Ferro Sánchez, la Dra. Guadalupe Garrido, el Dr. Pedro José Benito Peinado y el Dr. Jesús Rivilla García, los cuales han sabido motivarme y encender esa chispa de ilusión y ganas por seguir aprendiendo y enamorarme de esta profesión.

Otro lugar importante lo ocupa mi compañero de clase y amigo Alberto Ramírez Feliú, ya que el paso por esta casa no hubiese sido igual sin él. Parte de mi madurez, esfuerzo y motivación dentro de la carrera le corresponden a él.

Y por último agradecer a mi tutora, la Dra. Rocío Cupeiro Coto, por haber confiado en mí desde el primer momento, por las ganas de trabajar y esfuerzo que ha hecho para que este trabajo fuese el mejor. Ha sabido transmitirme profesionalmente lo mejor de ella y eso no tiene precio. ¡Muchas gracias Rocío!



*“Ah, pero lo que un hombre  
desea lograr debería estar más  
allá de su alcance. Si no, ¿para  
qué existe el cielo?”*

Robert Browning





## Índice de contenidos

Agradecimientos.....	V
Índice de tablas.....	XIII
Índice de figuras.....	XVI
Índice de ecuaciones.....	XVIII
Índice de abreviaturas.....	XX
Resumen .....	XII
Abstract.....	XIV
<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
1.1.Sobrepeso y obesidad: Introducción.....	1
1.2. Incidencia del sobrepeso y obesidad.....	3
1.2.1 Clasificación y valoración de la obesidad.....	5
1.2.2 Causas y factores asociados a la obesidad.....	11
1.2.3 Asociación con otras patologías.....	15
1.3. Programas de intervención para el tratamiento de la obesidad: dieta y ejercicio.....	17
<b>2.ELECTROESTIMULACIÓN.....</b>	<b>21</b>
2.1.Introducción.....	21
2.2. Funcionamiento.....	22
2.3.Características del impulso óptimo .....	21
2.3.1 Tipo de generador.....	27
2.4. Inconvenientes y ventajas .....	28
2.4.1 Puesta en acción preferente de las fibras rápidas.....	28

2.4.3 Capilarización en fibras rápidas.....	29
2.4.4 Mejora de la resistencia aeróbica.....	29
2.5. Parámetros para la programación de un entrenamiento.....	30
2.5.1 Frecuencia del impulso.....	32
2.5.2 Tiempo de contracción.....	34
2.5.3 Tiempo de reposo entre contracciones.....	36
2.5.4 Repeticiones.....	37
2.6. Riesgos de la electroestimulación integral.....	38
2.7. Beneficios de la electroestimulación integral.....	39
<b>3. OBJETIVOS DEL TRABAJO.....</b>	<b>43</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
4.1. Descripción de los participantes.....	44
4.2. Temporalización .....	46
4.3. Descripción del programa nutricional y de entrenamiento .....	46
4.3.1. Dieta isocalórica.....	19
4.3.2. Descripción y justificación de los protocolos de entrenamiento .....	51
4.3.2.1. Tipo de ejercicio y planificación .....	51
4.3.2.2. Intensidad .....	56
4.3.2.3. Velocidad de ejecución.....	58
4.4. Pruebas de evaluación. Composición corporal.....	58
4.4.1. Valoración de la condición anatómica .....	59
4.4.1.1. Estatura.....	59
4.4.1.2. Peso corporal .....	59

4.4.1.3. Perímetros .....	60
4.4.1.4. IMC.....	61
4.4.1.5. Índice cintura/cadera (ICC).....	61
4.4.1.6. Índice cintura/altura .....	62
4.4.1.7. Bioimpedancia eléctrica .....	62
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
5.1. Peso corporal, IMC y porcentaje de grasa.....	63
5.2. Perímetros e índice cintura/altura. ....	68
5.3. Composición nutricional.....	70
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>7. LIMITACIONES Y FUTUROS TRABAJOS EN ESTE CAMPO .....</b>	<b>77</b>
<b>8. APLICACIONES PRÁCTICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>



## Índice de tablas

Tabla 1. Relación del índice de masa corporal (IMC) con el sobrepeso y obesidad.....	5
Tabla 2. Predicción del porcentaje de grasa basado en el sexo para Afroamericanos y Blancos. 7	
Tabla 3. Indicadores y puntos de corte del perímetro de la cintura para la determinación de riesgo asociado a obesidad.....	10
Tabla 4. Valores de referencia para el ICC.....	11
Tabla 5. Influencias ambientales sobre la ingesta de alimentos y actividad física.....	13
Tabla 6. Efectos de las diferentes frecuencias. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes.....	34
Tabla 7. Tiempos de contracción según las frecuencias utilizadas y el tipo de entrenamiento . Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes. )..	35
Tabla 8. Tiempos de descanso ideales para los diferentes entrenamientos. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes .....	36
Tabla 9. Número de repeticiones para cada tipo de entrenamiento. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes. ....	37
Tabla 10. Programas tipo de la electroestimulación. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes .....	38
Tabla 11. Descripción inicial del peso, altura, IMC y porcentaje de grasa de ambas participantes.....	44
Tabla 12. Variables dependientes e independientes del programa de electroestimulación.....	45
Tabla 13. Dieta tipo de 1200 Kcal de tipo mediterránea .....	47
Tabla 14. Distribución de Kcal en la dieta isocalórica para cada participante .....	48
Tabla 15. Orden de ejercicios a seguir en el calentamiento .....	52
Tabla 16. Orden de ejercicios a seguir en la parte principal .....	53
Tabla 17. Orden de ejercicios a seguir en el HIIT. ....	56
Tabla 18. Resultados de pérdida de peso de ambas participantes.....	63
Tabla 19. Evolución del IMC a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento de ambas participantes.....	65
Tabla 20. Evolución del % de grasa corporal a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento de ambas participantes.....	66

Tabla 21. Evolución de la masa muscular a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento de ambas participantes.....	67
Tabla 22. Resultados de perímetros I.....	69
Tabla 23. Resultados de perímetros II.....	69
Tabla 24: Descripción de macronutrientes y micronutrientes de la participante 1 .....	70
Tabla 25. Distribución de la energía total según las comidas que realiza en un día la participante 1 .....	72
Tabla 26. Descripción de macronutrientes y micronutrientes de la participante 2.....	73
Tabla 27. Distribución de la energía total según las comidas que realiza en un día la participante 2 .....	73

## Índice de figuras

Figura 1. Incremento relativo (%) de la prevalencia de las distintas categorías de índice de masa corporal (IMC) entre 1993 y 2006 según la encuesta nacional de la salud (EMS).....	3
Figura 2. Algoritmos propuestos para el diagnóstico de la obesidad.....	7
Figura 3. Elementos que intervienen en la teoría del equilibrio energético.....	8
Figura 4. Relación lineal entre la cantidad de carga necesaria para alcanzar el umbral de estimulación y la duración de aplicación de la corriente.....	24
Figura 5. Formas de impulso que aportan distintas cantidades de carga. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes.....	25
Figura 6. Eficacia del tipo de corriente. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes.....	27
Figura 7. Impulso eléctrico proveniente del cerebro o un electroestimulador . Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes.....	30
Figura 8. Respuesta de los distintos tipos de fibras. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes.....	32
Figura 9. Diferencia de electroestimulación a 10 Hz y 25 Hz. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes.....	33
Figura 10. Ejemplo de ejercicios realizados en el calentamiento.....	53
Figura 11. Circuito 1 de ejercicios realizados en la parte principal.....	54
Figura 12. Circuito 2 de ejercicios realizados en la parte principal.....	55
Figura 13. Circuito 3 de ejercicios realizados en la parte principal.....	55
Figura 14. Ejemplo de HIIT.....	56
Figura 15. OMNI-RES (Escala de Esfuerzo Percibido para el Entrenamiento de Fuerza).....	57
Figura 16. Intensidades individuales según grupos musculares a 85 Hz y a 20 Hz.....	58
Figura 17. Evolución del peso corporal a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.....	65
Figura 18. Evolución del IMC a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes....	65
Figura 19. Evolución de % de grasa corporal a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.....	67
Figura 20. Evolución de la masa muscular a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.....	68





## **Índice de ecuaciones**

Ecuación 1. Fórmula de la cantidad de carga eléctrica. ....	23
Ecuación 2. Fórmula fundamental. ....	24
Ecuación 3. Fórmula %GC en personas obesas .....	61
Ecuación 4. Fórmula IMC.....	61
Ecuación 5. Índice cintura-cadera. ....	61
Ecuación 6. Índice cintura-altura.....	62



## Índice de abreviaturas

EMS	Electroestimulación de cuerpo completo
ENM	Electroestimulación local
ACSM	American College of Sports Medicine (Colegio Americano de Medicina del Deporte)
BIA	Bioimpedancia eléctrica
BMI	Body mass index
DEXA	Densitometría Dual de Rayos X
EG	Entrenamiento de fuerza con ejercicios globales
ET	Entrenamiento de fuerza tradicional
GLUT4	Glucose transporter type 4 (Transportador de glucosa tipo 4)
HDL-C	Lipoproteína colesterol de alta densidad
ICC	Índice cintura-cadera
IMC	Índice de masa corporal
ISAK	The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)
LDL-C	Lipoproteína colesterol de baja densidad
NCEP	National Cholesterol Education Program (Programa Nacional de Educación sobre Colesterol)
NHLBI	National Heart, Lung, and Blood Institute (Instituto Nacional del Corazón, Pulmones y Sangre)
OMNI-RES	Percived Exertion Escale for Resistance Exercise (Escala de Esfuerzo Percibido para el Entrenamiento de Fuerza)
OMS	Organización Mundial de la Salud
RM	Repetición máxima
SEPAS	Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria
WHO	World Health Organization



## Resumen

**Introducción:** El sobrepeso y la obesidad son definidos como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Ambas están asociadas al padecimiento de un gran número de patologías como hipercolesterolemia, enfermedades cardiovasculares, problemas respiratorios o enfermedades musculo esquelética.

**Objetivos:** Analizar los efectos de dos entrenamientos de electroestimulación de cuerpo completo, de 20 Hz y 85 Hz y dieta isocalórica durante 4 semanas, sobre la composición corporal en dos mujeres para observar cuál de ellos es más efectivo tanto para la pérdida de grasa corporal como para la ganancia de masa muscular.

**Material y métodos:** Participaron dos mujeres sedentarias (Participante 1, programa de 85 Hz: Edad = 30 años, IMC =  $33,0 \text{ kg/cm}^2$  y porcentaje de grasa = 46,6; participante 2, programa de 20 Hz: Edad = 19 años, IMC =  $23,9 \text{ kg/cm}^2$  y porcentaje de grasa = 33,2) y sin experiencia en el entrenamiento de fuerza. La participante 1 realizó un entrenamiento electroestimulación de cuerpo completo con una combinación de ejercicios aeróbicos y de fuerza a una intensidad de 85 Hz, mientras que la participante 2 realizó el mismo entrenamiento pero aplicando una intensidad de 20 Hz. En ambos programas, la duración de las sesiones fue de 20 minutos, la frecuencia de entrenamiento de 2 días por semana, y la duración total fue de 4 semanas. Antes de comenzar los entrenamientos se realizó una valoración nutricional a ambas participantes para diseñar una dieta isocalórica individualizada. Esta dieta fue seguida durante las 4 semanas de entrenamiento.

**Resultados:** ambas participantes redujeron de manera notable sus perímetros corporales, con mayores resultados en los perímetros de la zona abdominal. Lo mismo ocurrió con el porcentaje de grasa, disminuyó en ambas participantes de manera notable. En cuanto a la masa muscular, la participante del programa de 85 Hz aumentó y por el contrario, la participante del programa de 20 Hz disminuyó.

**Conclusiones:** una persona activa con hábitos de entrenamiento en fuerza, se le aconsejaría el programa de 20 Hz al producirse mayor disminución en % de grasa. Y para una persona sedentaria, lo más aconsejable sería realizar el programa de 85 Hz, con mayores beneficios en el conjunto de aumento de masa muscular y disminución del % de grasa.

**Palabras clave:** Electroestimulación de cuerpo completo, ejercicio físico, entrenamiento de fuerza, pérdida de peso, pérdida de grasa, obesidad, sedentarismo.



## Abstract

**Introduction:** Overweight and obesity are defined as abnormal or excessive accumulation of fat that can be harmful. Both are associated with a large number of conditions such as high cholesterol, cardiovascular disease, respiratory problems or skeletal muscle diseases.

**Objectives:** To examine the effects of two training programs of whole-body electrostimulation of 20 Hz and 85 Hz and isocaloric diet for 4 weeks, on body composition in two women to observe which of them is more effective for achieving fat loss and muscle mass gain.

**Material and methods:** two sedentary women (participant 1, 85 Hz program: age = 30 years, BMI = 33.0 kg/cm<sup>2</sup> and fat percentage = 46.6; 2 participant, program 20 Hz: age = 19 years, BMI = 23.9 kg/cm<sup>2</sup> and fat percentage = 33.2) and without experience in strength training. The participant 1 conducted a whole-body electrostimulation training with a combination of aerobic exercise and strength to an intensity of 85 Hz, while the participant 2 performed the same training but applying an intensity of 20 Hz. In both programs the duration of sessions was 20 minutes, the frequency of training 2 days per week, and the total length was 4 weeks. Before starting the training a nutritional assessment to both participants was carried out to design an individualized isocaloric diet. This diet was followed throughout the four weeks of training.

**Results:** both participants significantly reduced their body perimeters, with better results at the perimeters of the abdominal area. The same happened with the fat percentage, which decreased in both participants in a remarkable way. In terms of muscle mass, the participant of the 85 Hz program increased and on the contrary, the participant of the program from 20 Hz decreased.

**Conclusions:** someone active with strength-training experience would be advised to follow the 20 Hz program, to produce greater decrease in fat percentage. On the other hand, a sedentary person should carry out the 85 Hz program, with better results that increase muscle mass and decrease fat percentage.

**Key words:** whole-body electrostimulation, physical exercise, strength training, weight loss, loss of fat, obesity and sedentary lifestyle





## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Sobrepeso y obesidad: Introducción**

La OMS (Organización Mundial de la Salud), define el sobrepeso y la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud (1). También se conoce como el porcentaje de grasa superior al adecuado y que supone un factor de riesgo para un cuadro múltiple de morbilidad y una reducción en la esperanza de vida (2: 280-300), o como una acumulación excesiva de grasa que contribuye a problemas cardíacos, hipertensión, diabetes, y algunos tipos de cáncer, así como dificultades psicosociales y económicas (3:459-471).

Según Willmore y Costill el sobrepeso se puede definir como aquel peso que supera el peso corporal normal de un sujeto o peso estándar en relación a la constitución corporal y a la estatura (50).

Ambas patologías también están asociada al padecimiento de otro gran número de problemas de la salud, como la hipercolesterolemia, enfermedades cardiovasculares, problemas respiratorios (asma) y enfermedades músculo esqueléticas (4: 77-103). Además, algunos autores señalan que cuando se sobrepasa el umbral del sobrepeso, la mortalidad comienza a aumentar drásticamente (4:77-103, 5).

Los sujetos que sufren este tipo de patologías tienen un mayor porcentaje de incidencia de accidentes cardiovasculares, como infarto de miocardio o infarto cerebral (51). También, se han relacionado con un aumento en el riesgo de problemas psicosociales y/o de índole económico (52:459-471).

En cuanto al ejercicio físico, el entrenamiento cardiovascular o aeróbico es el que comúnmente se ha utilizado en los programas de actividad física para el tratamiento de la obesidad. Sin embargo, no existe evidencia sostenible para asegurar que el entrenamiento cardiovascular sea más eficaz que el de cargas para incidir en el sobrepeso. El entrenamiento con cargas (y/o nutrición adecuada), podría incidir de

manera eficaz en el tratamiento de la obesidad y el sobrepeso, sobre todo en aquellas personas que por problemas articulares o de otra índole no pueden realizar ejercicio cardiovascular de larga duración (6:721-722).

Las recomendaciones para la pérdida de peso siempre han propuesto realizar un entrenamiento aeróbico a baja intensidad. En la actualidad, todavía seguimos encontrando en numerosos centros deportivos recomendaciones sobre este tipo de entrenamiento (correr, andar, bicicleta elíptica, bicicleta estática, etc.), sin dar importancia al entrenamiento de fuerza. Es cierto que el entrenamiento aeróbico es eficaz para la pérdida de peso (7,8), al igual que el entrenamiento de fuerza también lo es (99:695-700, 100:532-541, 101:828-833, 102:133-137). Aunque sabemos que lo más efectivo es la combinación de ambos entrenamientos (9:704, 10).

Para una persona sedentaria y obesa o con sobrepeso que empiece a correr o a hacer algún tipo de actividad aeróbica puede que no sea muy aconsejable que realice actividades con impacto, por lo que una de las posibles soluciones a parte de un entrenamiento convencional de fuerza podría ser un entrenamiento de fuerza mediante electroestimulación (EMS), ya que no hay impacto. Además de que trabajando fuerza la masa muscular no disminuiría (o incluso aumentaría) y así no disminuiría su gasto energético en reposo.

## 1.2. Incidencia del sobrepeso y obesidad

El sobrepeso y la obesidad están adquiriendo un gran protagonismo a nivel mundial ya que el ritmo de crecimiento de ambas patologías es realmente alarmante. Ambas, afectan tanto a países desarrollados del primer mundo como a países que se encuentran en vías de desarrollo. Actualmente, estas patologías son consideradas como la gran epidemia del siglo XXI (53:135-175, 54, 55:135-175, 56)

La OMS expuso que la prevalencia y crecimiento de la obesidad en el 2010 era de un billón de personas, dentro de las cuales 300 millones padecían obesidad (57,51). La tendencia de esta patología es que va a continuar con su crecimiento, estimándose que para el año 2030 afecte a más de un billón de personas (58).

La cifra de personas obesas y con sobrepeso lleva aumentando de manera notable desde hace muchos años y la obesidad mórbida también ha crecido significativamente (un 200%) desde el año 1993 hasta el 2006 en nuestro país (11:424-426)(Figura 1).

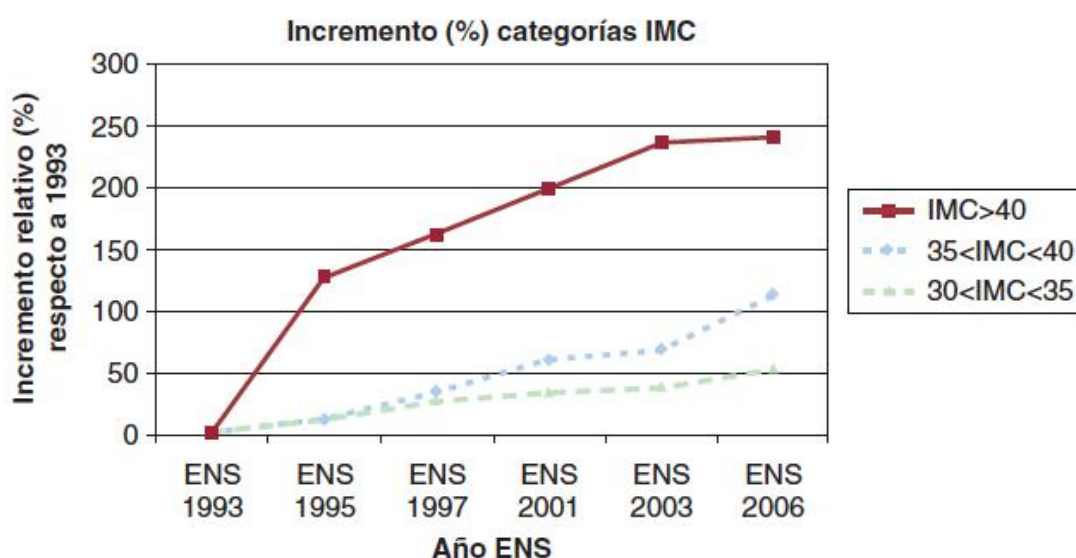


Figura 1. Incremento relativo (%) de la prevalencia de las distintas categorías de índice de masa corporal (IMC) entre 1993 y 2006 según la encuesta nacional de la salud (EMS) (datos brutos). Tomada de Basterra-Gortari FJ., 2011.

El incremento en la obesidad afecta a todos los grupos de población, independientemente del sexo, edad, raza o nivel cultural (12:200).

En España, el crecimiento y prevalencia de la obesidad tiene valores intermedios, si los comparamos con algunos de los países con tasas muy elevadas (como Estados Unidos y países del Este) (61). No obstante, España está situada en los primeros puestos de Europa respecto a la proporción del número de población en con sobrepeso y obesidad. Los estudios establecen que en España, que una de cada cuatro personas tiene sobrepeso u obesidad, dos de cada tres varones tiene sobrepeso y uno de cada seis padece obesidad (56).

Más concretamente, el 62% de la población española tiene exceso de peso: concretamente encontramos un 39% con sobrepeso y un 23% con obesidad (13:27-32). La prevalencia y aparición de obesidad infantil en España se puede encontrar entre las mayores de Europa, junto con otros países como Malta, Italia, Reino Unido y Grecia (14:371-376). En el año 2012, España se encontraba con una población de entre 8 y 17 años de edad con una prevalencia de sobrepeso del 26% y de obesidad del 12,6%. Estos datos suponen que alrededor de 4 de cada 10 jóvenes españoles que se encontraban en estas edades padecen el factor de riesgo cardiovascular que es el exceso de peso (2:280-300).

Esta gran incidencia conlleva costes muy elevados para nuestro país, tanto de forma directa (costes sanitarios) (14:371-376), como de forma indirecta (absentismo laboral, menos productividad en el trabajo, etc.) (19:500-508). En la actualidad, los países desarrollados gastan un 7% del gasto sanitario total para el tratamiento de la obesidad (2: 280-300). Para tratar la reducción de peso se estima que el coste excede los 117 billones de dólares al año (3:459-471).

### 1.2.1 Clasificación y valoración de la obesidad

En 1995 la OMS determinó que una persona tiene obesidad cuando su Índice de Masa Corporal (IMC) (cociente entre el peso corporal en kilogramos y el cuadrado de la estatura en metros) está por encima de  $29,9 \text{ kg/m}^2$ , y que una persona tiene sobrepeso cuando su IMC es igual o está por encima de  $24,9 \text{ kg/m}^2$  (1,3:459-471) (tabla 1).

CLASIFICACIÓN	IMC ( $\text{kg/m}^2$ )	
	Principales puntos de corte	Adicionales puntos de corte
<b><u>BAJO PESO</u></b>	<18,50	<18,50
<b>Delgadez severa</b>	<16,00	<16,00
<b>Delgadez moderada</b>	16,00-16,99	16,00-16,99
<b>Delgadez leve</b>	17,00-18,49	17,00-18,49
<b>Rango normal</b>	18,50-24,99	18,50-22,99
		23,00-24,99
<b><u>SOBREPESO</u></b>	$\geq 25,00$	$\geq 25,00$
<b>Pre-obesidad</b>	25,00-29,99	25,00-27,49
		27,50-29,99
<b><u>OBESIDAD</u></b>	$\geq 30,00$	$\geq 30,00$
<b>Obesidad clase I</b>	30,00-34,99	30,00-32,49
		32,50-34,99
<b>Obesidad clase II</b>	35,00-39,99	35,00-37,49
		37,50-39,99
<b>Obesidad clase III</b>	$\geq 40,00$	$\geq 40,00$

Tabla 1. Relación del índice de masa corporal (IMC) con el sobrepeso y obesidad. Adaptada de World Health Organization (WHO), 1995.

Al grupo de población que se les ha diagnosticado obesidad hacen más por perder peso que aquellas a las que no se les diagnostica, por lo que es muy importante que estos valores sean conocidos por toda la población(16:934-942).

El IMC es definido como el cociente entre el peso corporal en kilogramos dividido entre la talla en metros elevada al cuadrado (54). Además, es uno de las metodologías que más uso tiene es estudios epidemiológicos para conocer en que rango de peso se encuentra un sujeto. Este método también ha sido recomendado por numerosos organismos internacionales debido a que refleja la adiposidad (53:135-175).

De hecho, podemos encontrar numerosas tablas que estiman el porcentaje de grasa corporal de una persona según su IMC (tabla 2) Estas suelen tener en cuenta el sexo, la etnia y la edad. En la tabla 2 se puede ver cómo la edad es uno de los principales factores que afectan directamente al porcentaje de grasa. Esto es debido a que según va aumentando la edad el porcentaje de grasa se va incrementando) (18:694-701), el sexo y el grupo étnico.

SEXO E IMC (KG/M <sup>2</sup> )	20-39 AÑOS	40-59 AÑOS	50-79 AÑOS
<b>MUJERES</b>	<b>%</b>		
IMC <18,5	21	23	24
IMC ≥25	33	34	36
IMC ≥30	39	40	42
<b>HOMBRES</b>	<b>%</b>		
IMC <18,5	8	11	13
IMC ≥25	20	22	25
IMC ≥30	25	28	30

Tabla 2. Predicción del porcentaje de grasa basado en el sexo para Afroamericanos y Blancos. Adaptada de Gallagher D., 2000.

Sin embargo, debemos señalar que el IMC no es el único indicador para determinar si una persona tiene sobrepeso u obesidad, ya que si sólo se utiliza este método, podríamos encontrar persona con exceso de grasa que podría no estar dentro de este grupo ya que el IMC sólo tiene en cuenta el peso y la altura (17:921). De hecho, un estudio demostró que el IMC no es un buen indicador para sujetos deportistas y para ancianos (103), ya que se observó una evidencia variable en el peso del componente muscular. Así mismo, también se ha comprobado que comparando sujetos jóvenes, adultos y ancianos con un IMC igual, el grupo de los ancianos es el que posee mayores niveles de grasa (61).

Por eso, hay que tener en cuenta que podría haber personas con una gran cantidad de masa muscular, cuyo IMC podría indicar por encima de los rangos de normopeso, aunque su porcentaje de grasa fuera óptimo. Por lo que se le debe dar también importancia a otros parámetros para tener en cuenta a la hora de evaluar el peso de una persona, como puede ser la medida de la cintura, el índice cintura/cadera, el índice cintura/altura e incluso para tener menor margen de error se podría realizar un estudio antropométrico con medida de pliegues para determinar el porcentaje de grasa (17:291). En la figura 2 se puede observar una propuesta en la cual hay varios procedimientos a seguir para determinar si una persona es obesa o no utilizando distintas metodologías

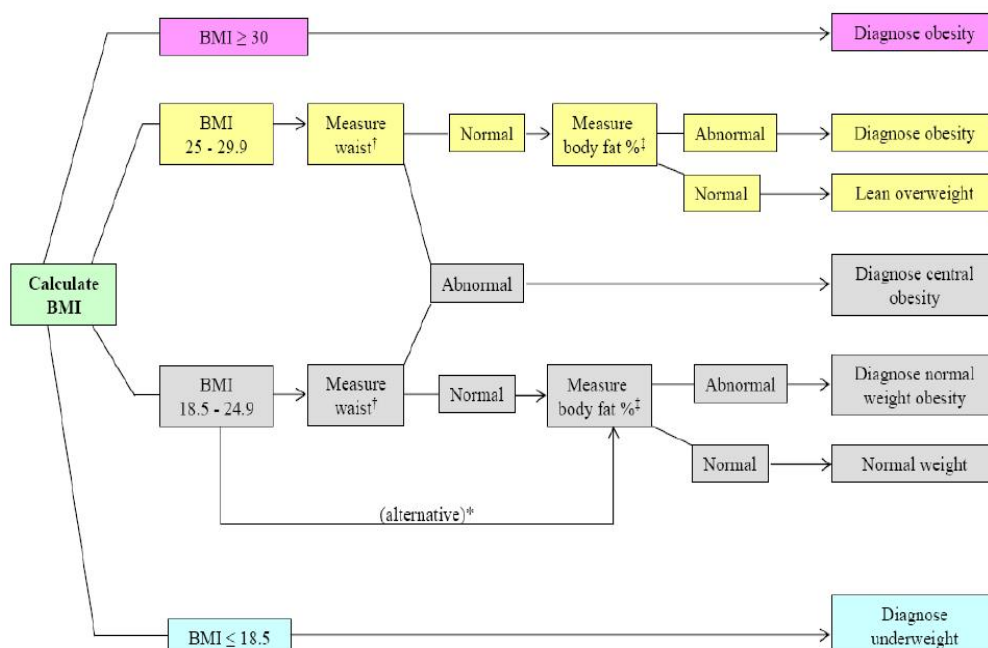


Figura 2. Algoritmos propuestos para el diagnóstico de la obesidad. Tomada de López-Jiménez F., 2010.

Por otro lado, la cantidad de grasa almacenada en el cuerpo no es el único aspecto relevante. También se debe tener en cuenta la distribución de la grasa en su organismo (54). Cuando varios sujetos presentan un mismo IMC, un dato de gran relevancia para evaluar si hay o no riesgo de comorbilidad es la distribución de la grasa de dicho individuo (61).

En este sentido, podemos diferenciar dos tipos de obesidad teniendo en cuenta este factor (50):

- Obesidad androide: se caracteriza por darse en el sexo masculino. Se produce un gran cúmulo de grasa sobre todo en zona abdominal, produciendo un incremento en el riesgo de patologías asociadas a la obesidad, debido también en gran parte a un aumento de los depósitos de grasa visceral (50, 54, 57:59-63, 61). Generalmente, la mayoría de varones presenta una cantidad mayor de grasa abdominal que las mujeres que sufren de síntomas premenopáusicos (54)

- Obesidad ginecoide: se caracteriza por darse en el sexo femenino. Se produce un gran cúmulo de grasa localizada sobre todo en la zona inferior del cuerpo, fundamentalmente en las caderas, glúteos y muslos (50).

Además del IMC, existen otros métodos para medir la composición corporal en general y el porcentaje de grasa corporal en particular:

- Densitometría Dual de Rayos X (DEXA), el cual de entre los numerosos métodos existentes mide el total de grasa corporal, masa magra y densidad mineral ósea con mayor exactitud y precisión, aunque supone un sistema muy especializado, con un coste elevado y la exposición a los rayos X (19: 500-508). El DEXA es una técnica no invasiva cuya duración es de unos 10 y 20 minutos y además solo tiene un margen de error del 2-3% de la grasa corporal total medida (2:280-300).

- Densitometría, otra técnica que se utiliza para obtener el porcentaje de grasa corporal, basada en el Principio de Arquímedes, el cual que expone que el volumen de



agua que desplaza un objeto sumergido es igual al volumen de dicho objeto. Esta técnica ve al organismo como conjunto de masa grasa y masa libre de grasa. Dentro de la densitometría podemos encontrar dos métodos: el pesaje hidrostático (mide con mucha exactitud pero es costoso llevar a cabo su realización, aparte, la persona que lo realiza puede llegar a tener síntomas de angustia y agobio por estar un largo periodo de tiempo sumergida bajo el agua) y la pletismografía por desplazamiento de aire (tiene bastantes ventajas, ya que es fácil de manejar y es bastante exacto aunque te proporciona poco tiempo para realizar la medición) (2:280-300).

- Bioimpedancia eléctrica (BIA), es uno de los métodos con más facilidad a la hora de utilizar ya que para evaluar la composición corporal se obtienen los datos de una manera rápida, además de ser barato y no invasivo. Consiste en medir la oposición al flujo de una corriente por el cuerpo entero. La resistencia al flujo de corriente será más elevada en individuos con mayor cantidad de tejido adiposo, ya que este no es muy buen conductor de la electricidad a causa de su bajo volumen de agua. Por otro lado, el tejido muscular sí será un gran conductor eléctrico, esto es debido a que es un tejido acuoso con gran disolución de electrolitos (no como la grasa y el hueso). Las medidas que se obtienen mediante la impedancia tienen una relación estrecha con la cantidad de agua corporal total del cuerpo (20:166-179).

- Antropometría, se utiliza también para medir el porcentaje de grasa corporal, es un método muy fiable que nos indica exceso de grasa mediante los pliegues de grasa. Con la antropometría podemos obtener distintas medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo humano. Para ello se utiliza un conjunto de ecuaciones antropométricas de predicción cuyo objetivo es estimar las componentes de la composición corporal: grasa, músculo, hueso y masa residual (20:166-179). Este método de pliegues se utiliza para valorar en diferentes sectores de la población la composición corporal. Se basa en medir el espesor del tejido subcutáneo adiposo en lugares bien concretos y protocolizados. Aunque este método no está recomendado para aplicarlo en individuos obesos, ya que al haber una gran cantidad y volumen de materia grasa existe mucha dificultad a la hora de aplicar la técnica y mucha variabilidad en las medidas (20:166-179).

Por último, para determinar si la distribución de grasa está asociada a un mayor riesgo de enfermedades, se utilizan principalmente el perímetro de la cintura y el índice de cintura - cadera (50, 61):

El perímetro de la cintura es un gran indicador para observar el grado de obesidad de una persona. Varios estudios muestran que el valor obtenido de esta forma es más fiable que el IMC para detectar la obesidad de una persona (21:379-384,22:743-749). Esta medida se obtiene mediante la medición del perímetro de la cintura (nivel del punto más estrecho entre el último arco costal y la cresta iliaca (23). En los últimos años la medida del perímetro de cintura está teniendo una gran aceptación ya que se realiza de manera más fácil comparándolo con el ICC, además de que con este índice se puede observar una mayor correlación con el IMC, la masa grasa total y la grasa abdominal. Además tiene una gran relación con el riesgo de enfermedad o el estado de salud (54, 55:47-51, 61).El primer nivel de acción de riesgo de salud se encuentra en los 94 cm de circunferencia para los hombres y en 80 cm para las mujeres, y las medidas con las que debe haber especial atención ya que existe un riesgo elevado de salud están en 102 cm para los hombres y 88 cm para las mujeres (24:158-161) (tabla 3).

SEXO	RIESGO BAJO	PUNTOS DE CORTE. RIESGO AUMENTADO.	RIESGO MUY ELEVADO
PERÍMETRO CINTURA (CM)			
HOMBRES	<94	94-101	≥102
MUJERES	<80	80-87	≥88

Tabla 3. Indicadores y puntos de corte del perímetro de la cintura para la determinación de riesgo asociado a obesidad. Modificada de Lean ME., 1995.

Por otro lado, el índice cintura/cadera (tabla 4), es el cociente del perímetro del perímetro de la cintura y el perímetro de la cadera en cm. Se considera que el ICC mayor de 0,85 en mujeres y un ICC mayor de 1 en hombres, es reflejo de una mayor adiposidad a nivel abdominal, teniendo por consecuencia un mayor riesgo para padecer problemas de salud (50, 61).

ICC				
ICC/WHR		VALOR	HOMBRES	MUJERES
		DELGADEZ	<78	<71
HOMBRES	MUJERES	ÓPTIMO	Entre 78 y 93	Entre 71 y 84
1,0	0,85	SOBREPESO	>93	>84

Tabla 4. Valores de referencia para el ICC

Otro de los índices de gran fiabilidad para comprobar si una persona está dentro de los rangos de obesidad es el índice cintura/altura (25:377). Como se puede comprobar no obtenemos las mismas medidas en una persona con un perímetro de cintura de 88 cm y mida 160 cm, a otra persona que mida 190 cm. Los valores de este índice nos indican que las personas con un valor por encima de 0,5 se puede decir que tienen riesgos de salud.

### 1.2.2 Causas y factores asociados a la obesidad

Según la OMS (54), el desarrollo de la obesidad está gravemente influenciado por una baja realización de práctica de actividad física y/o un aumento considerable del

comportamiento sedentario. La Revolución Industrial ha adquirido un papel muy importante en el incremento del sedentarismo, ya que se produjo una reducción notable en la actividad física del ser humano. (64).

La obesidad es una patología crónica y compleja, que conlleva numerosos factores, mucho más que el simple resultado de un desequilibrio energético, aunque éste tenga un gran peso en dicha patología (2:280-300). Este desequilibrio en el balance energético durante un periodo de tiempo considerable produce que la energía ingerida por la dieta sea superada por el gasto energético (54) (figura 3).

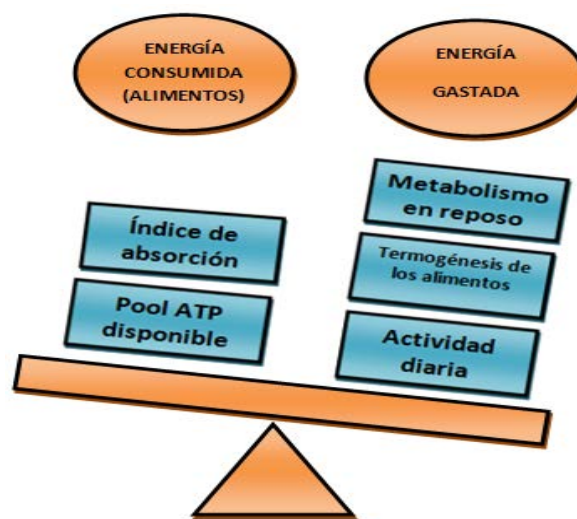


Figura 3. Elementos que intervienen en la teoría del equilibrio energético. Modificada de González M., 2008.

No obstante, es un error atribuir la aparición de esta patología a un único factor, ya que esta patología es considerada una enfermedad de origen multifactorial, resultante de la interacción de factores genéticos y/o ambientales (53:135-175, 60: 39-49,61). La tabla 4 recoge algunos de los factores Algunos de estos factores a tener en cuenta a la hora de saber si una persona es propensa a tener sobrepeso u obesidad son (2:280-300)(tabla 4):

AMBIENTE FÍSICO			AMBIENTE ECONÓMICO		AMBIENTE SOCIO-CULTURAL	
TIPO DE AMBIENTE	ALIMENTO	ACTIVIDAD	ALIMENTO	ACTIVIDAD	ALIMENTO	ACTIVIDAD
MACROAMBIENTE	Legislación y regulación alimentaria	Dispositivos para economizar esfuerzos	Impuestos y subsidios para alimentos	Gasto del trabajo versus automatización	Cocina tradicional	Actitudes frente a las ofertas de ocio
	Tecnología de alimentos	Carriles bicicleta o para pasear	Coste de la tecnología de los alimentos	Inversiones en parques e instalaciones de ocio	Hábitos culinarios de los inmigrantes	Deporte a nivel nacional
	Alimentos reducidos en grasa	Políticas de la industria del fitness	Coste del marketing	Coste del petróleo y de los coches	Demandas de los consumidores	Cultura participativa versus cultura observacional
	Políticas de la industria alimentaria	Sistema de transporte	Precio de los alimentos	Costes de los carriles bici	Consideración de los alimentos	Consideración de los artilugios o mecanismos
	Alimentos en el hogar	Lugares de ocio cercanos	Ingresos familiares	Cuota de gimnasio o clubes deportivos	Patrón alimentario familiar	Actividades del grupo de amigos
MICROAMBIENTE	Elección de alimentos en el colegio o cafetería del puesto de trabajo	Número de vehículos en el hogar	Otros gastos el hogar	Equipamiento deportivo propio	Actitudes del grupo de amigos	Empleo familiar del tiempo de ocio
	Alimentos en tiendas cercanas al hogar	Calles seguras	Comedores colectivos subvencionados	Eventos locales subvenciones	Presión ejercida por los grupos de alimentos	Actitud del colegio frente al deporte
	Proximidad al hogar de establecimiento de comida rápida	Normas domésticas para ver TV y vídeo	Alimentos cultivados en el hogar	Coste del deporte escolar	Festividades	Temores por la seguridad

Tabla 5. Influencias ambientales sobre la ingesta de alimentos y actividad física. Modificada de González M., 2008.

Algunos de los factores por lo que se produce un aumento de la obesidad se ven favorecidos por las siguientes causas:

1. Una mayor densidad de energía en las dietas de la actualidad (2:280-300). Se tiende a realizar ingestas con menos cantidad pero la ingesta calórica es aproximadamente la misma. (61).
2. No realizar la primera comida del día, como es el desayuno también tiene relación con un mayor riesgo de padecer obesidad. (68:2504-2512)
3. En la actualidad muchas personas optan por las dietas restrictivas hipocalóricas, que terminan provocando el efecto contrario. La causa por la que se produce este aumento de peso se puede producir a causa de que las personas que tienen obesidad poseen unos niveles más elevados de leptina y bajos de grelina que aquellas personas con normopeso (26: 5037-5044), aparte de que este tipo de patología está relacionada con el síndrome de resistencia a la leptina (2:280-300).
4. Dietas con alto contenido en carbohidratos (27:42-47,28:8-16). Hoy en día siguen apareciendo recomendaciones de alimentos como el cereal, la patata, etc. para que estén a diario en nuestra ingesta y que esté sea saludable, pero este tipo de alimentos poseen un índice glucémico muy alto, causando que los niveles de glucosa sean elevados, así como el nivel de insulina en sangre. Asimismo, cuando se produce un consumo muy elevado de alimentos cuyo IG también es elevado, provoca una disminución y ralentización en el proceso de oxidación de grasas, aspecto de gran relevancia debido a que podría inducir a un aumento en los depósitos de grasa (59:56-62).
5. Palatabilidad de los alimentos: el sabor del alimento es un factor clave a la hora de su ingesta. Por ello muchos de los alimentos que provocan tanto placer al saborearlos presentan una gran cantidad de grasas y azúcares (54).
6. Cambios en los patrones de la ingesta (54, 61): durante los últimos años se han

producido grandes cambios en los patrones de alimentación de la población (54).

Hay una relación y porcentaje muy elevado de factores relacionados con el estilo de vida que llevamos que en la actualidad con los problemas en la prevalencia de la obesidad en el mundo (61). Algunos autores (59:56-62, 60: 39-49), sugieren que los factores ambientales son los causantes en un 60-70% de la aparición de la obesidad.

La mayoría de los autores están de acuerdo en que los factores ambientales de mayor importancia en la aparición de esta patología son el sedentarismo y los cambios en la dieta (50, 53:135-175, 54, 55:47-51, 60:39-49, 61).

El número de horas de actividades sedentarias que se realizan en un día es uno de los factores que influyen de manera importante en la aparición de la obesidad, y una de las causas de este sedentarismo es el uso del transporte motorizado en desplazamientos (2:280-300). Por ello es importante educar a las personas a llevar una vida mucho más activa, además de realizar el ejercicio durante 1 o 2 horas que puedan realizar a lo largo de un día.

### **1.2.3 Asociación con otras patologías**

Existen numerosas patologías asociadas a la obesidad entre las cuales podemos encontrar el síndrome metabólico, la diabetes mellitus tipo 2, las enfermedades cardiovasculares, el hígado graso no alcohólico, el asma, algunos tipos de cáncer, la apnea del sueño y/o dificultades del aparato locomotor (2:280-300). Cuanto menor es el porcentaje de grasa en persona con obesidad, mejores indicadores de salud: menor presión arterial, descenso de lipoproteínas colesterol de baja densidad (LDL-C), incremento de lipoproteínas colesterol de alta densidad (HDL-C), descenso de triglicéridos, y una mejora de la tolerancia a la glucosa (3:459-471).

Por otro lado, la grasa que se encuentra de manera localizada de forma en la zona del abdomen (grasa visceral) es la que mayor relación tiene con el riesgo de resistencia a la insulina y síndrome metabólico (2:280-300). Por ello, las mediciones del valor del perímetro de la cintura y el índice cintura-altura son de gran utilidad en este caso.

Muchos de los pacientes que tienen diabetes tipo 2 también tienen obesidad. En estas personas, la capacidad que poseen los tejidos periféricos para responder a la insulina es menor (fenómeno conocido como resistencia a la insulina) (2:280-300).

Por otro lado, algunos de los causantes más relevantes del sedentarismo han sido la aparición y rápido avance de los avances tecnológicos y/o la mejora de las condiciones socioeconómicas, produciendo en la población un aumento en la calidad de vida. A pesar de la aparición de estos avances, la mejora en la calidad de vida se ha visto influida por una importante disminución del gasto energético asociado a actividades cotidianas (64,65). Al mismo tiempo, también se han producido cambios apreciables en las actividades que se realizan en el tiempo de ocio y en el tiempo, así como la industrialización que también ha repercutido en la agricultura, produciendo un incremento importante del sedentarismo y una relevante reducción de la actividad física (65).

Las sociedades desarrolladas se caracterizan por adoptar un estilo de vida bastante inactivo, pronunciándose este estilo de vida en países mediterráneos situados al sur de Europa, como es el caso de España (65). Según los resultados que se han obtenido en la última encuesta de salud (66), España cuenta con un 41,3% de población sedentaria, de los cuales un 46,6% eran mujeres y un 35,9% eran hombres.

Cuando la población goza de tiempo libre lo emplea realizar actividades con la familia (73%) y en ver la televisión (70%) (67). En consecuencia, debe haber una importante modificación en cuanto a hábitos de actividad se refiere.

En suma, la relevancia que está adquiriendo el sedentarismo y la inactividad física en los últimos años está favoreciendo la aparición de múltiples enfermedades crónicas, además del sobrepeso y la obesidad (64,65).



### **1.3. Programas de intervención para el tratamiento de la obesidad: dieta y ejercicio**

La solución para disminuir el porcentaje de obesidad y sobrepeso en la población es la pérdida de grasa. Siempre ha habido muchas dudas sobre cuál es la forma más efectiva, además de que siempre se ha recomendado que para perder grasa hay que consumir menor energía de la que se gasta. Por lo que si gastamos más energía de la que ingerimos, finalmente habrá un balance energético negativo y se producirá una mayor pérdida de peso (3:459-471).

Una de las cosas que tenemos que tener en cuenta con la pérdida de peso es de dónde proviene esa pérdida, ya que no es lo mismo la pérdida de peso por pérdida de masa grasa junto con pérdida de masa libre de grasa, que la pérdida únicamente de masa grasa. Por ello se le debe dar gran importancia al tipo de alimento ingerido y al tipo de ejercicio físico realizado.

Cuando una persona es sometida a una dieta hipocalórica, gasta más de lo que ingiere, y consigue por tanto una pérdida de peso significativa. Además, si a esta dieta hipocalórica se le añade un programa de ejercicio físico, además de conseguir resultados en cuanto a pérdida de peso, se incidirá directamente sobre factores de riesgo asociados al sobrepeso, como enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2 (32:441-447). Pero lo mejor de todo que si a la dieta hipocalórica junto con el programa de actividad física añadimos una vida activa, las mejoras que se producirán serán mucho más significativas (32:441-447). Una de las claves para que estos programas tengan un alto porcentaje de éxito es incidir sobre la educación de las personas para que comiencen a llevar una vida diaria más activa, que comiencen a mejorar sus hábitos alimenticios y relacionen la actividad física como una actividad divertida y necesaria (33:335-340).

El tipo de dieta que lleva una persona cuyo objetivo es la pérdida de peso es uno de los factores más relevantes para que su objetivo tenga un mínimo de éxito. Por ello se ha demostrado que las dietas hipocalóricas son efectivas para la pérdida de peso (34:2093-2101,35:269). Pero dentro de la pérdida de peso hay que tener en

cuenta y dar importancia a mantener la masa muscular para que el gasto energético en reposo no disminuya, por lo que este tipo de dietas tienen una mayor efectividad cuando se propone un tipo de dieta hipocalórica con alto contenido en proteínas (36). A pesar de todo, últimamente hay bastante evidencia de que para conseguir una relevante pérdida de peso no hace falta hacer una dieta restrictiva en calorías, sino eliminar algunos de los alimentos de la dieta, como son los hidratos de carbono con un índice glucémico alto (azúcares, arroz, pasta, pan blanco, etc.). Este tipo de dietas de baja ingesta de hidratos de carbono y sin restricción calórica parecen ser más efectivas que las dietas hipocalóricas y bajas en grasas y que la dieta Mediterránea hipocalórica para perder peso (37:229-241).

Según las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) (3:459-471), para lograr una pérdida de peso significativa (5-7,5 kg) sin necesidad de dieta asociada, debería realizarse entre 250 y 420 minutos de actividad física moderada a la semana. Según estas mismas recomendaciones, para obtener una pérdida de peso modesta (aproximadamente 2-3 kg) sería suficiente con realizar entre 150 y 250 minutos de actividad física moderada/intensa. Esta pérdida se vería aumentada al añadir una restricción calórica moderada. Por último, realizar menos de 150 minutos de actividad física a la semana en ausencia de dieta hipocalórica, no llevaría a una pérdida de peso, ya que no sería estímulo suficiente.

Para evitar una futura ganancia del peso que se ha perdido es fundamental que la actividad física esté presente en el día a día del sujeto. Un dato de gran relevancia es que para que el peso no oscile alrededor de un 3% habría que realizar una actividad de moderada intensidad unos 60 minutos al día (3:459-471).

También se ha demostrado que no es necesaria una dieta para conseguir una pérdida de peso significativa (7,10). Para conseguir una pérdida de grasa corporal relevante el mejor ejercicio es la combinación del trabajo de fuerza y del trabajo aeróbico (9:704, 10). Además, cuando se produce la combinación de ambos trabajos también se producen cambios y mejoras en la condición física del sujeto, además de conseguir reducir la grasa corporal. (41). En cuanto al tipo de ejercicio a realizar para lograr cambios en la composición corporal, numerosos estudios dicen que el ejercicio

combinado de fuerza junto con ejercicio aeróbico es igual de efectivo que el ejercicio aeróbico sin ejercicio de fuerza para la pérdida de grasa, pero lo importante y fundamental del ejercicio de fuerza es que evita la pérdida de masa muscular (7,42:1831-1837, 44:1045-1051).

Además, también se ha demostrado que para la pérdida de grasa visceral el ejercicio aeróbico también produce beneficios. (4:77-103,5:25-41).

También, una mayor masa muscular, sobre todo en el tren inferior, se correlaciona con un menor porcentaje de grasa visceral, por eso la masa muscular adquiere un papel importante en el proceso de pérdida de peso de un sujeto, en el que se debe intentar mantenerla e incluso aumentarla (45:1-5).

Por último, a pesar de que el ejercicio de fuerza combinado con ejercicio aeróbico es una de las maneras más eficaces para que se produzca una importante pérdida de grasa y peso corporal, se ha constatado que un entrenamiento únicamente de fuerza también produce pérdidas de peso y grasa corporal, aunque no sean tan significativas (9:704, 10, 46:546-560, 47:1016-1027). De los estudios que hablan sobre el entrenamiento de fuerza para la pérdida de peso, no hay muchos en los que se especifique cuál es el más eficaz. Lo único que sí que concluyen es que en aquellos en los que participan grupos musculares más grandes se produce un mayor gasto energético (48:3181-3190) y estrés metabólico (49:687-708) que aquellos entrenamientos de fuerza en los que se implican músculos de menor tamaño.

Por otro lado, hay otro método conocido como HIIT que podría ser de gran utilidad a la hora de combatir esta patología. El High Intensity Interval Training (HIIT) o entrenamiento de intervalos de alta intensidad, consiste en alternar periodos de ejercicio intenso con valores cercanos a los máximos (con un consumo de oxígeno máximo = 85% o = 95% de la frecuencia máxima cardíaca), seguidos por periodos de recuperación pasiva o activa de duración variable (90:28-36). Este interés por los entrenamientos interválicos de alta intensidad, se fundamenta en que cuando se comparan con entrenamientos isoenergéticos de tipo continuo, el HIIT ha demostrado igual o mejor efecto sobre (91:269-279, 92):

- Pérdidas de peso
- Capacidad aeróbica y anaeróbica
- Capacidad de oxidación de grasas
- Cascada de señales que mejoran la sensibilidad insulínica en el tejido graso y muscular
- Biogénesis de músculo esquelético
- Función endotelial y cardíaca
- Perfil de riesgo cardiovascular

Estos beneficios metabólicos pueden estar presentes hasta 72 horas después de una sesión de ejercicio de alta intensidad (96).

## **2. MARCO TEÓRICO DE LA ELECTROESTIMULACIÓN**

### **2.1. Introducción**

La electroestimulación neuromuscular consiste en aplicar una corriente eléctrica en el músculo o nervio periférico con el fin de provocar su contracción involuntaria (70:320-336). Su uso para la formación de atletas tiene como principal ventaja un mayor aumento de la fuerza que en el entrenamiento voluntario (71:1638-1644, 72:455-460, 73:431-437). Sin embargo, sus principales desventajas se encuentran en la inhibición del reflejo miotático y de la función del órgano tendinoso de Golgi, lo que aumenta el riesgo de lesiones si su uso no es adecuado (74:438-448, 75:202-211), y en la incapacidad para mejorar la coordinación muscular agonista-antagonista (76:76-79, 77:161-177).

En las últimas dos décadas, el entrenamiento con electroestimulación para desarrollar potencia del tren inferior en atletas ha sido utilizado con éxito, obteniendo mejoras de entre el 2,4% y el 5,8% en Drop Jump (71:1638-1644, 73:431-437), y del 2,4% y 5,8% (78:533-539, 72:455-460) en sprints de 20 y 50 metros, respectivamente.

Hasta hace pocos años la electroestimulación era una técnica utilizada sobre todo por fisioterapeutas, que la empleaban para recuperar músculos atrofiados después de largos periodos de inactividad y en otras aplicaciones terapéuticas, pero sin objetivo de mejorar el rendimiento. Este tipo de técnica empezó a adquirir cierta relevancia como método de entrenamiento en la Unión Soviética y en la década de los 60 en la Academia de Ciencias del Deporte en Moscú bajo la dirección del profesor Kotz, que realizó experimentos con sus deportistas logrando mejoras de fuerza del 5-10% en 3 semanas (79:11-14).

La expansión de la electroestimulación fue lenta debido a que los deportistas eran sometidos a auténticas sesiones de tortura, además de que la tecnología era deficiente. En 1979 el fisiólogo McDonell, realizó numerosos estudios sobre los

mecanismos de la limitación del rendimiento muscular y consideraba la electroestimulación como "un método imposible de aplicar debido a sus altos voltajes y a la imposibilidad de realizar contracciones tetánicas" (80). Más tarde debido a la llegada de los microprocesadores se produjo un cambio radical en dicha situación. En 1980, con la aparición de la electroestimulación portátil, se empezó a utilizar este método para la ganancia de fuerza y fuerza explosiva, con el fin de que el deportista lo incorporase en su entrenamiento de pesas. En el año 1966 comienzan a aparecer electroestimuladores específicos para deportistas como el Compex Sport 1. Aunque los deportistas de competición fueron los primeros en probarlo, actualmente se utiliza para todo tipo de población, ya sean deportistas de alto rendimiento, deportistas populares o amateurs o simplemente aquellas personas que quieren mejorar su condición física (79:11-14).

## **2.2. Funcionamiento**

Cuando hacemos una contracción de forma voluntaria, el sistema nervioso emite una orden en forma potencial de acción. Éste se propaga a gran velocidad a lo largo del nervio motor, invirtiendo la polaridad de las células que atraviesa (lo que se conoce como despolarización). Al final del recorrido, la señal llega a la célula muscular gracias al neurotransmisor acetilcolina, desencadenando la contracción muscular. La función principal de la electroestimulación es producir potenciales de acción sobre las células excitables (nerviosas o musculares) a través de un impulso eléctrico haciendo lo mismo que hace el sistema nervioso (79:11-14).

Electroestimular una fibra es aumentar el potencial de reposo en un punto de la membrana, por medio de una corriente eléctrica aplicada sobre la piel (79:11-14). La corriente debe ser capaz de aumentar el potencial de reposo hasta el valor umbral, pero siempre dentro de la seguridad. Es decir, los parámetros eléctricos de esta corriente tienen que ser suficientes para lograr que la célula muscular se contraiga, pero han de ser soportables, ya que las primeras pruebas de electroestimulación en humanos provocaban quemaduras de gravedad. (79:11-14).

Desde comienzos del siglo XX, se conocen las leyes fundamentales que rigen la excitación de las células nerviosas y musculares por impulsos eléctricos. Estas leyes fueron descubiertas y comprendidas por dos fisiólogos franceses, Lapicque y Weiss (81, 82:3,25), los cuales lograron relacionar matemáticamente la cantidad de corriente y duración necesaria para provocar excitaciones en los nervios motores.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, algunos importantes fisiólogos como Weiss, Hoorweg, Du Bois Reymond y Lapicque pudieron encontrar la ley fundamental de la electroestimulación y su expresión matemática. Weiss llegó a la conclusión de que para obtener una estimulación no es tanto la forma de la corriente lo que importa, si no la cantidad de corriente en un tiempo determinado, es decir, si se aporta la cantidad de corriente necesaria para alcanzar los valores umbrales de excitación. (79:11-14)

La cantidad de carga eléctrica (Q) proporcionada por una corriente eléctrica es el producto de intensidad de dicha carga (I) por el tiempo durante el cual se prolongue dicha carga (t) (79:11-14)

$$Q = I \times t$$

Ecuación 1. Fórmula de la cantidad de carga eléctrica

De estas experiencias, Weiss pudo deducir que existía una relación lineal entre la cantidad de carga necesaria para alcanzar el umbral de estimulación y la duración de aplicación de la corriente (79:11-14)

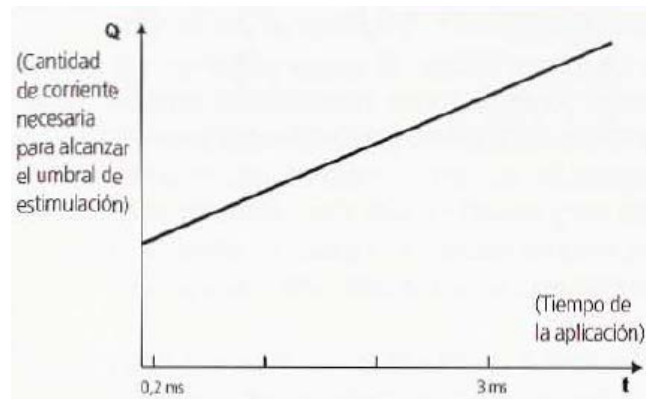


Figura 4. Relación lineal entre la cantidad de carga necesaria para alcanzar el umbral de estimulación y la duración de aplicación de la corriente. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Lapicque, otro de los fisiólogos más conocidos del siglo XX, en base al trabajo de Weiss, crea una "fórmula fundamental", que relaciona la intensidad de la corriente y la duración durante la que hace falta aplicar aquella para obtener la estimulación. Ésta es una relación de forma hiperbólica entre la intensidad de la corriente y la duración del impulso que se expresa por su fórmula, derivada de la fórmula fundamental de Weiss (79:11-14)

$$I = \frac{q}{t} + i$$

Ecuación 2. Fórmula fundamental

Lapicque postula que, aunque la aplicación de la corriente sea infinita ( $t = \infty$ ), se necesita un mínimo de intensidad para provocar una estimulación, a la que llamamos reobase ( $R_h$ ) (107). La reobase corresponde efectivamente al coeficiente  $i$  de la fórmula de Weiss, que tiene las dimensiones de una intensidad eléctrica.

Lapicque da el nombre de cronaxia a la duración mínima durante la cual hace falta aplicar una corriente en la que la intensidad sea el doble de la reobase para



obtener la estimulación. De hecho, él se da cuenta de que la cronaxia es una constante temporal que caracteriza la excitabilidad de un tejido (Figura 6) (107).

La cronaxia se puede calcular matemáticamente a partir de la fórmula fundamental de Weiss. Cuando seleccionamos en los electroestimuladores actuales la zona de aplicación, lo que estamos haciendo es seleccionar la cronaxia, que se adapta a unos grupos musculares o a otros para obtener mayor precisión y comodidad. Hay aparatos que calculan automáticamente la cronaxia (107)

### 2.3. Características del impulso óptimo

En cuanto a la forma de la corriente, la intención será siempre minimizar la energía eléctrica, es decir, utilizar el menor tiempo e intensidad posibles para conseguir una mayor superficie de excitación. Como  $Q = I * t$ , el rectángulo es claramente, la forma de impulso capaz de aportar la cantidad de cargas  $Q$  con el mínimo de intensidad  $I$  (108:15-39) (figura 7).

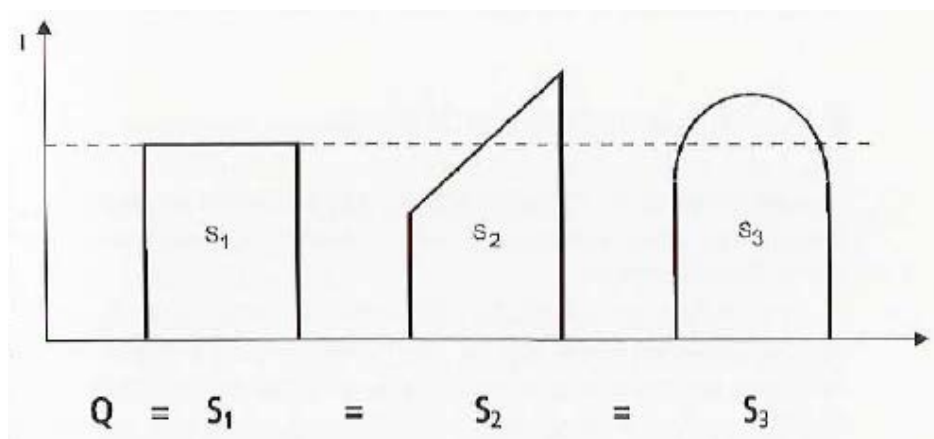


Figura 5. Formas de impulso que aportan distintas cantidades de carga. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Con impulsos de una forma distinta al rectángulo, hace falta, para aportar la misma cantidad de cargas eléctricas, utilizar intensidades más elevadas que son menos cómodas para el paciente. Por eso el rectángulo será la forma en la que tendremos

una mayor superficie con unos parámetros eléctricos mínimos. Con cualquier otra forma, deberemos aumentar la intensidad, el tiempo, o ambos, para conseguir el mismo reclutamiento de fibras. El segundo factor que se debe minimizar para tener una estimulación lo más cómoda posible es la energía eléctrica  $W$  ( $W = I^2 \cdot t \cdot R$ ), donde  $I$  es la intensidad de la corriente,  $t$  su duración de aplicación y  $R$  la resistencia de la piel.

La energía eléctrica que pasa a la piel y los tejidos es mínima cuando la duración del impulso rectangular es igual al valor de la cronaxia. Por lo tanto, la duración del impulso rectangular deberá, para reducir la energía eléctrica al mínimo, ser igual a la cronaxia de la estructura nerviosa que se va a excitar (108:15-39).

Por otro lado, cuando se quiere producir una excitación, se envía un impulso rectangular con una duración igual a la cronaxia de la estructura nerviosa que se desea estimular.

Para que esto no suceda, se debe compensar el impulso, es decir, hay que enviar un impulso negativo del mismo valor que el positivo. Así, se consigue que la media eléctrica sea nula, la corriente está compensada y se elimina cualquier riesgo de polarización, por lo que lo podrá utilizar todo el mundo (aunque se lleve cualquier elemento metálico, prótesis, piercings, etc.) sin riesgo de quemadura ni de dolor eléctrico (108:15-39).

Experiencias realizadas por diferentes equipos han comparado la eficacia de la corriente de impulso compensada por una curva con la eficacia de la misma corriente de impulso compensada por un rectángulo (108:15-39).



Figura 6. Eficacia del tipo de corriente. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Se ha demostrado claramente que con todos los parámetros idénticos (duración del impulso, frecuencia, intensidad eléctrica, etc.) la fuerza de la contracción muscular es más grande cuando la corriente del impulso está compensada por un rectángulo que cuando está compensada por cualquier otra forma (108:15-39).

#### **2.3.4. Tipo de generador**

Un generador de tensión nos da una diferencia de potencial controlable entre sus extremos; el valor de la intensidad que suministra no depende de él, sino de la impedancia del circuito al que se conecta, por lo que su valor no es controlable (108:15-39).

Un generador de corriente nos permite controlar cuál es la corriente que suministramos a un circuito. Un generador de corriente está formado por un generador de tensión en paralelo a una impedancia variable, de manera que controlamos la impedancia total del sistema, fijando de esta manera la intensidad de salida a nuestro antojo (108:15-39).

## **2.4. Inconvenientes y ventajas de la electroestimulación**

En una acción voluntaria, el cerebro envía un impulso eléctrico que va hacia la médula espinal y de ahí hacia el nervio motor. Esto no se produce en la electroestimulación, ya que será el electroestimulador el que enviará el impulso eléctrico directamente al nervio motor, a través de los electrodos, que deberemos colocar justo encima del punto motor (108:15-39).

Por lo tanto, en la contracción voluntaria (CV) nos encontramos con el funcionamiento de dos vías, eferente y aferente y en la electroestimulación, únicamente con una, la aferente (108:22)

En ambos casos, el resultado será una sacudida del músculo (la suma de estas sacudidas producirá la contracción muscular), pero a continuación analizaremos las diferencias, ya que la sacudida producida tiene ciertas diferencias que será interesante analizar (108:15-39).

### **2.4.1 Puesta en acción preferente de las fibras rápidas**

Los deportistas que practican deportes en los cuales la fuerza y la velocidad son determinantes para su rendimiento, se ven obligados a trabajar con cargas muy importantes y efectuar contracciones de una intensidad superior a un 80% de su fuerza máxima (109). Las fibras rápidas (FT) son reclutadas en último lugar en una contracción voluntaria, es decir, que las fibras lentas (ST) son reclutadas primero y las rápidas solamente cuando la contracción se aproxima al máximo (109)

Todo el que quiera progresar en fuerza se ve obligado a utilizar unas cargas muy pesadas. Éstas imponen un estrés muy importante a las articulaciones y al sistema cardiovascular, agotan física y psíquicamente al deportista y le exponen a riesgos de accidentes musculares u osteoarticulares (109).

Es bastante frecuente que los deportistas de estas especialidades tengan molestias en la espalda, en las rodillas, problemas de desgaste de cartílago, de menisco, etc., y todo por realizar ejercicios como las sentadillas con pesos cercanos a su repetición máxima (1RM) (109).

El reclutamiento de las fibras en electroestimulación local (EENM) se hace desde la superficie hacia la profundidad y no en función de la naturaleza de las fibras (108:15-39). Así, cuando se efectúa una contracción en EENM a un 50% del máximo, cierto número de fibras rápidas van a trabajar mientras que ése no sería el caso en la CV (109). La EENM permite evitar riesgos ligados a las cargas pesadas, pero además hace trabajar durante más tiempo las fibras rápidas que una contracción voluntaria de la misma intensidad.

#### **2.4.3 La capilarización en fibras rápidas**

Otro aspecto particular y ventajoso de la EENM, que ha sido revelado por tratados de biología, es en efecto la "capilarización" (108:15-39).

Hudlicka (110) ha demostrado que estimulando un músculo a bajas frecuencias se produce un desarrollo de la red de capilares sanguíneos prioritariamente alrededor de las fibras rápidas, algo que no se produce en el entrenamiento voluntario. Este fenómeno está ligado al hecho de que las fibras rápidas sólo funcionan habitualmente en contracción voluntaria a frecuencias muy elevadas de tetanización y nunca a bajas frecuencias de menos de 10 Hz como se puede imponer en EENM.

Este desarrollo de los capilares está inducido, como ha demostrado igualmente Hudlicka, por el fuerte aumento del flujo sanguíneo provocado por la estimulación. Trabajos posteriores han permitido establecer características de la estimulación (frecuencias) que en el hombre van a aumentar el flujo sanguíneo máximo (111:9-13).

Se puede disponer de esta forma de las bases necesarias para realizar programas de capilarización y obtener las fibras rápidas con una red de capilares más densa alrededor de ellas. Esta superficie de intercambio más grande les permite ser más resistentes a los esfuerzos intensos.

#### **2.4.4. Mejora de la resistencia aeróbica**

En el entrenamiento de resistencia aeróbica podríamos decir simplemente que necesitamos aumentar el consumo máximo de oxígeno. Éste depende de dos factores: de la cantidad de oxígeno que puede ser aportada a los músculos (función del flujo cardíaco y de la concentración de oxígeno en sangre arterial) y de la capacidad de las fibras para consumir ese oxígeno (108:15-39).

El entrenamiento voluntario en resistencia aeróbica desarrolla estos dos aspectos: a la vez el flujo cardíaco y las enzimas oxidativas del músculo (108:15-39). Se ha constatado en cardiología que los pacientes afectados de descompensación cardíaca (que sufren un déficit de la función del corazón responsable de una disminución del flujo sanguíneo) están limitados en los esfuerzos por una debilidad de sus músculos para consumir el oxígeno que les es aportado por el flujo arterial (108:15-39). Así pues, podemos pensar que en un deportista de resistencia aeróbica la limitación del consumo de oxígeno está más relacionada con el poder oxidativo de las fibras que con su flujo cardíaco (108:15-39).

Por otra parte, el poder oxidativo de las fibras musculares transformadas experimentalmente en fibras lentas por la estimulación es el doble que en los mejores deportistas de resistencia (112).

### **2.5 Parámetros para la programación de un entrenamiento**

Para utilizar los parámetros que debemos tener en cuenta cuando queremos

programar un entrenamiento, el elemento básico es el impulso eléctrico (proveniente del cerebro o del electroestimulador) que provocará una excitación de las motoneuronas, dando éstas la orden a las fibras a través de la placa motora. Las fibras tienen una respuesta, que se conoce como sacudida (108:15-39, 114).

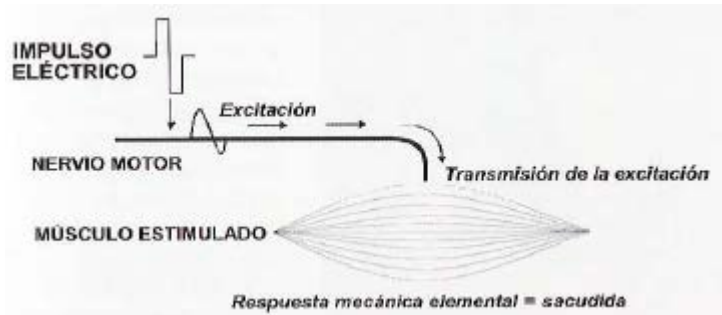


Figura 7. Impulso eléctrico proveniente del cerebro o un electroestimulador . Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Cada vez que enviamos un impulso eléctrico, se produce esta. Para conseguir una contracción, vamos a ver cómo responden las diferentes fibras que tenemos ante un impulso eléctrico y cómo se producirá su contracción (108:15-39).

El descubrimiento de numerosos tipos de fibras, paralelamente a las dos principales (lentas y rápidas), ha permitido mejorar considerablemente la naturaleza de los programas de estimulación e introducir niveles diferentes en el seno de los programas de fuerza, de fuerza explosiva, de fuerza resistencia y de resistencia aeróbica. Así, hoy en día podemos distinguir hasta 8 tipos distintos de fibras: I, IIA, IIB, IIAB, IIC, IID, IIM, IIM. Todas estas fibras tienen unas características diferentes que corresponden a variaciones dentro de la naturaleza del rendimiento. Se distingue, por ejemplo, un tipo de fibra IIM que se encuentra en los músculos particularmente fuertes y rápidos, por ejemplo en la mandíbula de los primates (114).

Estas fibras tienen frecuencias de tetanización todavía más elevadas que las rápidas clásicas y funcionan a gran velocidad como nuestros músculos oculares, capaces de mover muy velozmente los ojos. Estas fibras son las de mayor fuerza y velocidad, responsables de lo que se llama comúnmente fuerza explosiva (114). Se

puede sospechar su presencia en los cuádriceps de los "marcianos " capaces de correr 100 metros en menos de 10 segundos. Por otra parte, se ha medido en estos atletas velocidades de conducción de los potencia les de acción sobre las fibras musculares que corresponden a frecuencias de tetanización de estas fibras súper rápidas (108:15-39). Por este motivo los programas de estimulación que son aplicados hoy en día con éxito en la mayoría de los velocistas de alto nivel utilizan estas frecuencias. El progreso con la EENM en este tipo de atletas ha empezado a manifestarse de una forma más clara cuando se han empleado este tipo de programas llamados de "fuerza explosiva" y pliométricos", que utilizan frecuencias elevadas (114).

A continuación veremos la diferencia de respuesta entre los principales tipos de fibras (108:15-39, 114).

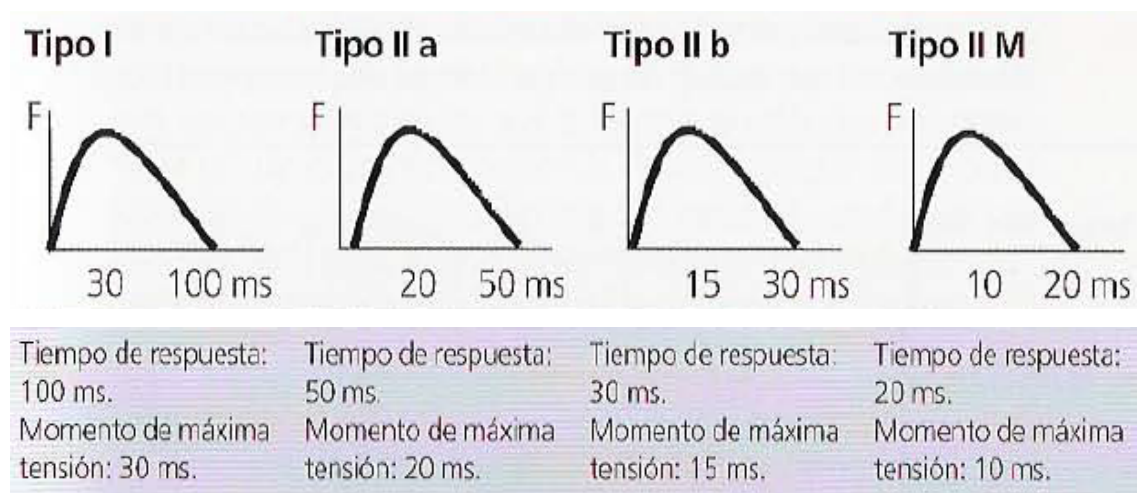


Figura 8.Respuesta de los distintos tipos de fibras. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

### 2.5.1. Frecuencia del Impulso

La frecuencia del impulso (FI) es el número de veces que se repite el impulso en un segundo. Esta frecuencia se expresa en hercios (Hz). Si utilizamos una frecuencia de 15 Hz, el lo significa que se envían 15 impulsos por segundo al músculo; si hablamos de 70Hz, el músculo recibe 70 impulsos por segundo (y responde con 70 sacudidas). En



este ejemplo, 70 sacudidas por segundo son tantas, que una sacudida se suma a la anterior, por lo que antes de que acabe una ya ha empezado la otra, con lo que se produce la contracción muscular (contracción tetánica) (114).

Cuanto más elevada sea la frecuencia (dentro de unos límites) mayores serán la fuerza y la potencia. Así se comprende que un programa de fuerza explosiva necesite una frecuencia más elevada que un programa de resistencia aeróbica. En la gráfica 17 vemos dos ejemplos (10 y 25Hz) (108:15-39, 114).

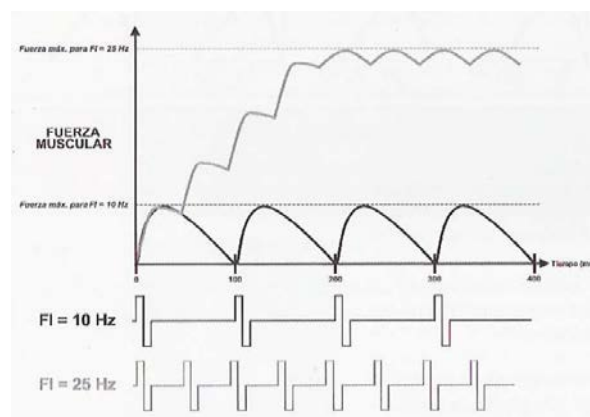


Figura 9. Diferencia de electroestimulación a 10 Hz y 25 Hz . Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Por tanto, tradicionalmente hablamos de tres tipos de fibras, que trabajarían a las siguientes frecuencias (108:15-39, 114):

- Fibras lentas: Su tetanización empieza a partir de 10 Hz y alcanza el máximo a los 33 Hz. Hay que tener claro que se estimula siempre tanto la fibra rápida como la lenta, pero la frecuencia determina cuál de ellas trabaja. Más allá de esta frecuencia, la fibra lenta no tendrá ni más fuerza ni podrá proporcionar más trabajo, ya que estará igual de tetanizada que a 33 Hz.
- Fibras mixtas: Su tetanización se inicia a los 20 Hz y finaliza hacia los 50 Hz. Son las frecuencias que utilizaremos en trabajos de fuerza resistencia, pero,

como veremos a continuación, dependerá del nivel de la persona el que utilicemos frecuencias más altas.

Fibras rápidas: Su tetanización empieza a los 33 Hz y acaba hacia los 66 Hz. Hemos comentado que se utilizan frecuencias de hasta 150 Hz (en programas muy concretos); esto es porque las frecuencias que acabamos de expresar son las de una persona sedentaria. En deportistas y, más aún, en deportistas en los que la fuerza y la velocidad son determinantes, se utilizan estas frecuencias más elevadas, ya que responden a esas frecuencias de trabajo. También hay que tener en cuenta que con frecuencias más altas se alcanza la fuerza máxima en menos tiempo.

A continuación citamos los efectos de las diferentes frecuencias (108:15-39, 114):

Frecuencias (Hz)	Efectos
1 a 10	Relajación, aumento del riego sanguíneo y de la segregación de endorfinas
10 a 20	Mejora de la resistencia aeróbica muscular (capacidad oxidativa del músculo)
20 a 50	Mejora del tono muscular, de la definición muscular y de la firmeza muscular (efectos estéticos y primeras fases de la rehabilitación)
40 a 70	Mejora de las capacidades lácticas del músculo y aumento del volumen muscular
70 a 120	Mejora de la fuerza máxima
90 a 150	Mejora de la fuerza explosiva, elástica y reactiva

Tabla 6.Efectos de las diferentes frecuencias . Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

En un rápido resumen podemos decir que cuanto más alta sea la frecuencia, mayores serán (114):

- La fuerza desarrollada
- La velocidad de contracción

- La cantidad de trabajo
- La potencia máxima
- La fatiga muscular
- La tetanización

### 2.5.2. Tiempo de contracción

Lógicamente la fibra muscular se fatiga y no se puede mantener esa contracción tetánica de un modo indefinido, dependiendo del tipo de fibra que queramos trabajar y del tipo de entrenamiento que queramos llevar a cabo el que la mantengamos más o menos tiempo (108:15-39).

El tiempo de contracción se relaciona con la frecuencia del impulso. Cuanto más alta sea la frecuencia del impulso, menor será la duración de la contracción, ya que las fibras trabajadas (las rápidas) se fatigarán con mucha más rapidez. En cambio, cuando utilicemos una frecuencia baja, podremos mantener este tiempo de contracción durante un periodo mayor, pues estaremos trabajando fibras lentas, que tienen la capacidad de mantener la contracción muscular durante más tiempo (108:15-39, 114).

En el siguiente cuadro resumimos los tiempos de contracción según las frecuencias utilizadas y el tipo de entrenamiento que se desee conseguir (108:15-39).

Frecuencias (Hz)	Tiempos de contracción medios (s)	Tiempos de contracción ideales (s)
100 a 150	1 a 5	3
70 a 100	2 a 6	4
30 a 70	5 a 8	8
10 a 30	7 a 10	8

Tabla 7. Tiempos de contracción según las frecuencias utilizadas y el tipo de entrenamiento . Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Debemos tener en cuenta algunos puntos de interés para que realmente programemos un tiempo de contracción correcto y no nos quedemos ni cortos ni largos. En entrenamientos explosivos en principiantes es mejor utilizar tiempos de contracción más cortos para que el principiante se vaya adaptando al entrenamiento, pero, de todas formas, si reducimos mucho el tiempo de contracción, por ejemplo 1 segundo, también deberemos acortar bastante el tiempo de reposo (108:15-39).

Si se utilizan frecuencias muy elevadas (alrededor de 120-150 Hz), hay que reducir el tiempo de contracción, ya que corremos el riesgo de producir una fatiga eléctrica (se produce una saturación de potasio extracelular, aunque es un proceso que en pocos minutos restablece la normalidad) y de entrenar sin obtener ningún resultado (108:15-39, 114).

### **2.5.3. Tiempo de reposo entre contracciones**

Una vez producida la contracción, que tendrá una duración aproximada de 3 a 8 segundos, según los programas utilizados como acabamos de ver en el apartado anterior, se producirá un reposo, que tendrá en cuenta la frecuencia que se ha utilizado y los tiempos de contracción, para permitir a las fibras un reposo y, así, poder realizar la siguiente contracción en plenas condiciones (114).

Si tenemos en cuenta los dos parámetros anteriormente comentados (frecuencia y tiempo de la contracción), parece claro que, cuando utilicemos frecuencias altas, debemos dar al músculo un reposo largo, ya que la fibra que trabajaremos (la más rápida) necesitará un buen período de descanso, y cuando utilicemos frecuencias bajas, impondremos al músculo unos reposos cortos, pues la fibra lenta es capaz de recuperarse muy rápidamente (108:15-39, 114).

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de descanso ideales para los diferentes entrenamientos (108:15-39, 114).

Tipos de entrenamiento	Tiempos de reposo (s)
Fuerza y fuerza explosiva	15 a 35
Fuerza resistencia	4 a 8
Resistencia aeróbica	2 a 5

Tabla 8. Tiempos de descanso ideales para los diferentes entrenamientos. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

Otro elemento importante en los períodos de recuperación es el que algunos electroestimuladores incorporan. Se puede decir que este tiempo no es un tiempo de reposo pasivo, sino que se estimula el músculo a una frecuencia baja (normalmente entre 1 y 5 Hz), produciendo así un incremento del flujo sanguíneo en la zona estimulada, lo que hace que el músculo se recupere mejor entre contracciones y esté más preparado para la siguiente contracción. Se puede hablar, por tanto, de un "reposo activo entre contracciones" (108:15-39).

#### **2.5.4. Repeticiones**

Por último, nos queda un elemento para medir la cantidad de trabajo que debemos realizar: las repeticiones. Los parámetros anteriores determinan la naturaleza del trabajo, es decir, la calidad de éste. Pero debemos determinar cuántas repeticiones haremos de esa contracción que tendrá una frecuencia, un tiempo de contracción y uno de reposo concretos.

A continuación se muestra otra tabla para exponer el número de repeticiones para cada tipo de entrenamiento y el equivalente en tiempo (en minutos) (108:15-39,

114).

Tipo de entrenamiento	Repeticiones medias	Repeticiones óptimas	Tiempo aproximado (min)
Fuerza explosiva	20 a 40	30	15 a 20
Fuerza máxima	30 a 50	40	15 a 25
Fuerza resistencia	60 a 100	70	12 a 20
Resistencia aeróbica	200 a 300	220	35 a 45

Tabla 9. Número de repeticiones para cada tipo de entrenamiento. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

De esta manera se pueden conocer las diferencias entre los distintos niveles que se pueden encontrar en los diferentes programas (a veces un mismo programa tiene 4-5 niveles; realmente son cinco programas diferentes, ya que los parámetros son distintos) (108:15-39, 114).

Programas	Frecuencias	Tiempos de contracción	Tiempos de reposo	Repeticiones	Objetivo
Relajación	1 a 10 Hz	—	—	—	Descontracturar, relajar, aumentar flujo sanguíneo, etc.
Resistencia aeróbica	10 a 20 Hz	8 s	2 s	220	Mejora de la capacidad oxidativa muscular
Fuerza resistencia	40 a 70 Hz	8 s	4 s	70	Mejora del metabolismo anaeróbico láctico
Fuerza máxima	70 a 120 Hz	4 s	30 s	40	Mejora de la fuerza máxima
Fuerza explosiva	90 a 150 Hz	3 s	30 s	30	Mejora de las manifestaciones rápidas de la fuerza

Tabla 10. Programas tipo de la electroestimulación. Aplicación práctica de la electroestimulación al fútbol y 45 deportes (2004)

## **2.6. Riesgos de la electroestimulación integral**

Es importante resaltar que la tecnología que se utiliza en los chalecos de electroestimulación integral cuenta, como mínimo, con los mismos riesgos y contraindicaciones que la electroestimulación local, una tecnología y aplicación mucho más antigua y también mucho más estudiada (115:395-406).

Uno de los inconvenientes más graves acerca de los chalecos de electroestimulación son los serios problemas que comienzan a aparecer de rabdomiolisis, que afecta a la salud en individuos sanos tras una sola sesión de electroestimulación integral (116:1-3).

La Rabdomiolisis es una enfermedad o síndrome producido por un exceso de daño muscular, normalmente provocado por hacer más actividad física de la que somos capaces de tolerar (116:1-3). Esto puede derivar en fallo renal agudo e incluso muerte si no se identifica y ataja en cuanto aparecen los síntomas. En el entrenamiento con los chalecos de electroestimulación se produce un mayor daño muscular que en el entrenamiento convencional con cargas, aún cuando la tensión muscular y el momento de fuerza (torque) sea menor (116:1-3). Esto hace que el riesgo de aparición de este síndrome sea mayor en este tipo de entrenamientos.

Además, es más habitual que la rabdomiolisis se dé en individuos desentrenados o sedentarios, puesto que conforme aumenta nuestra experiencia también lo hace la tolerancia (116:1-3, 117:10-14). Ello nos indica que esta herramienta debería estar contraindicada en individuos sedentarios o sin alta experiencia previa en entrenamiento de fuerza.

Diversos trabajos de la literatura científica nos muestran casos de rabdomiolisis tras sesiones de entrenamiento de electroestimulación integral, y en la mayoría de ellos los pacientes eran personas sedentarias. En todos estos casos, los diversos

síntomas registrados aparte de la rabdomiolisis (niveles elevados de CPK, dolor y debilidad muscular, etc.) desaparecieron cuando se cesó el entrenamiento con electroestimulación (cita los artículos) (122, 123:100-102, 124:505-507).

## **2.7. Beneficios de la electroestimulación integral**

En aquellos pacientes con severos problemas centrales (pulmonares y/o cardíacos) en los que la limitación fisiológica desemboca a medio plazo en un deterioro periférico (muscular) de graves consecuencias para la calidad de vida y el pronóstico de estos enfermos, la aplicación de NMES puede frenar o minimizar los efectos derivados de la inactividad y falta de estímulo muscular. Recientemente se han publicado los resultados de un estudio (125:1-7) cuyo objetivo fue la aplicación de un protocolo de NMES comparando sus efectos con los obtenidos con un programa de resistencia aeróbica, en un grupo de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Los resultados mostraron que con ambos protocolos se obtuvieron mejoras significativas en capacidad de resistencia, calidad de vida, depresión y/o ansiedad, masa libre de grasa e índice de masa corporal, sin diferencias significativas entre tratamientos. En resumen, la NMES se ofrece como alternativa eficaz en la estrategia de tratamiento para la función muscular periférica en pacientes con severa COPD.

El ejercicio es de gran eficacia en el control de la glucemia en diabéticos tipo 2, siendo por tanto recomendado como una opción más. El objetivo de un estudio (126) fue investigar los efectos de la EMS en diabéticos tipo 2 sobre el metabolismo de la glucosa, composición corporal y rendimiento en ejercicio. Los pacientes recibieron EMS durante 10 semanas, 2 sesiones/semana, durante 20 min/sesión. Los resultados mostraron un aumento significativo del VO<sub>2</sub> en el umbral aeróbico, así como en la máxima capacidad de trabajo. Hubo una tendencia que no alcanzó nivel de significación estadística ( $p=0,059$ ) en el valor del VO<sub>2</sub>pico. Los niveles de glucemia basal descendieron significativamente, así como los valores de hemoglobina glicosilada. No se modificaron ni el peso total, ni el % grasa corporal.



En otro estudio (118:1353-1364) se utilizó EMS con personas mayores (alrededor de 70 años) en riesgo de padecer sarcopenia (déficit de masa muscular) y con obesidad abdominal. Participaron 46 personas y el protocolo duró un año. 23 personas (grupo EMS) realizaron un entrenamiento con electroestimulación 3 veces cada dos semanas (6 entrenamientos al mes) con la máquina Miha Bodytec; y las otras 23 personas (grupo control) algunas semanas realizaron ejercicio de baja intensidad sin electroestimulación. Los resultados fueron los siguientes:

- Descenso de la masa muscular en el grupo control y un pequeño incremento en el grupo EMS.
- Aumento de masa grasa abdominal en el grupo de control y un pequeño descenso en el grupo EMS.
- Aumento del perímetro de la cintura en el grupo de control y descenso en el grupo EMS.
- Aumento significativo de la fuerza isométrica máxima de los extensores de rodilla en el grupo EMS y pequeño aumento en el grupo de control.

Por lo que realizar 20 minutos de entrenamiento con EMS 3 veces cada dos semanas durante un año puede ser eficaz para no perder masa muscular, aumentar la fuerza del tren inferior y disminuir algo el porcentaje graso. Además, la electroestimulación puede ser un buen complemento de entrenamiento para prevenir la sarcopenia y disminuir el porcentaje graso en personas mayores.

Si hablamos de perímetros corporales este estudio (119:1880-1887), nos dice lo siguiente: Añadir la electroestimulación durante 14 semanas como complemento de entrenamiento una vez cada cuatro días a mujeres postmenopáusicas y físicamente activas podría ser eficaz para que la suma de 11 pliegues cutáneos disminuya y para reducir el perímetro de cintura y cadera. Sin embargo, las mujeres que no añadieron la electroestimulación en sus entrenamientos no obtuvieron estos cambios. Destacar que no se siguió ningún tipo de dieta. Por lo que utilizar únicamente la electroestimulación

como método de entrenamiento dos días a la semana durante tres semanas en mujeres inactivas podría ser eficaz para la reducción del porcentaje de grasa corporal y perímetros de cintura, abdominal medio, cadera y muslo.

Así pues, vemos que la electroestimulación integral, a pesar de tener unos riesgos asociados, puede ser también beneficiosa para conseguir algunos objetivos. Aunque actualmente no hay bibliografía suficiente como para concluir un efecto claro, la electroestimulación integral podría incidir sobre la composición corporal de personas sedentarias, al aumentar su gasto energético diario. Por tanto, los objetivos de este trabajo se centrarán en analizar la eficacia de esta herramienta en dos casos concretos: dos mujeres sedentarias con un porcentaje de grasa corporal elevado.

### **3. OBJETIVOS DEL TRABAJO**

Los objetivos de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) son los siguientes:

1. Observar los efectos sobre la composición corporal de dos entrenamientos de electroestimulación de cuerpo completo, de 20 Hz y 85 Hz, combinados con dieta isocalórica en dos mujeres con niveles elevados de grasa corporal.
2. Comparar los efectos de ambos programas (20 Hz versus 85 Hz) sobre los cambios en la composición corporal.

#### 4. MATERIAL Y MÉTODOS

##### 4.1. Descripción de los participantes

Las participantes del programa con el chaleco de electroestimulación son dos mujeres, una de 19 años y otra de 30 años. Ambas son sedentarias y no tienen experiencia en el entrenamiento de fuerza. Ambas han sido informadas del propósito de programa con el chaleco de electroestimulación y dieron su consentimiento por escrito.

	<b>PARTICIPANTE 1</b> <b>(30 AÑOS)</b>	<b>PARTICIPANTE 2</b> <b>(19 AÑOS)</b>
<b>PESO</b>	86,0 kg	59,6 kg
<b>ALTURA</b>	1,62 cm	1,58 cm
<b>IMC</b>	32,9kg/m <sup>2</sup> (Obesidad clase I)	23,9kg/m <sup>2</sup> (Rango normal, pero con alto % de grasa)
<b>% GRASA CORPORAL</b>	46,2	33,2

Tabla 11. Descripción inicial del peso, altura, IMC y porcentaje de grasa de ambas participantes.

La participante 1 realizó el programa de 85 Hz con el chaleco de electroestimulación. Es autónoma y tiene una óptica y su peso al empezar el programa era de 86,0, tenía un IMC de 32,9 kg/m<sup>2</sup>(Obesidad clase I) y su porcentaje de grasa era bastante elevado, de un 46,2 %.

La participante 2 realizó el programa de 20 Hz con el chaleco de electroestimulación. Es una chica estudiante de artes escénicas, cuyo peso al empezar el programa era de 59,6, tenía un IMC de 23,9 kg/m<sup>2</sup>(rango normal de peso) y su porcentaje de grasa era elevado, de un 33,2 %. (En mujeres de edad adulta, el porcentaje de grasa para un peso normal se encuentra en torno 25%) (2:280-300).

Ambas pasan la mayor parte del día sentadas. Carolina no presenta ninguna patología importante, al contrario que Natalia que presenta una espondilolistesis entre la L5 y S1, pero aun así no estuvo limitada a la hora de realizar algunos ejercicios.

Las variables del estudio fueron las siguientes:

<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Peso</b>	kg	<b>Peso corporal de las participantes</b>
<b>Porcentaje de grasa</b>	%	<b>Porcentaje de grasa corporal de las participantes</b>
<b>Masa muscular</b>	Kg	<b>Kilogramos de masa muscular de las participantes</b>
<b>Perímetros corporales</b>	cm	<b>Perímetros de las distintas zonas del cuerpo medidas</b>

<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Edad</b>	años	<b>Edad de las participantes</b>
<b>Talla</b>	cm	<b>Altura de las participantes</b>
<b>Intensidad del entrenamiento</b>	Hz	<b>Frecuencia a la que se sometían las participantes</b>

Tabla 12. Variables dependientes e independientes del programa de electroestimulación.

## 4.2 Temporalización

La intervención con ambas participantes ha tenido una duración de cinco semanas. La primera semana de intervención se utilizó como fase de adaptación y familiarización al entrenamiento. Durante esta semana se les explicó en qué iba a consistir el programa para que tomaran conciencia de los aspectos clave del programa.

Algunos de los objetivos de este periodo de adaptación fueron:

1. Tomar conciencia de lo que supone el sobrepeso a nivel de salud
2. Explicación de la dieta isocalórica que van a llevar, además de adquirir conocimiento de una alimentación saludable y a qué macronutrientes y micronutrientes se les debe dar mayor importancia para mejorar la calidad de la dieta.
3. Familiarización con el chaleco de electroestimulación integral para realizar un entrenamiento intenso desde el primer día del programa en el periodo de intervención.
4. Tomar conciencia de la importancia de realizar actividad física a diario para aumentar el gasto energético, aunque en esta intervención los sujetos no recibirán recomendaciones de actividad física diaria ya que queremos mantener el estilo de vida que llevaban y ver resultados de la aplicación aislada del entrenamiento de electroestimulación.

En la primera sesión de valoración (un día antes del comienzo del programa de entrenamiento y dieta isocalórica) se midió la altura de las participantes con un tallímetro de pared, seguido de la medición del peso y la composición corporal con bioimpedancia y la medida de perímetros. Estas mediciones, salvo la altura, se

repitieron semanalmente todos los lunes tras un periodo de dos días de descanso por el fin de semana.

### **4.3. Descripción del programa nutricional y de entrenamiento**

#### **4.3.1. Dieta isocalórica**

Con el fin de conocer su consumo diario de alimentos y bebidas las participantes completaron un recuerdo de 72 horas. Esta prueba consiste en anotar con la mayor precisión posible todos los alimentos y bebidas consumidos en las últimas 72 horas (69). Dentro del recuerdo se debe anotar el desayuno, comida, cena y los alimentos consumidos entre horas. Se debe tener en cuenta la calidad del alimento (leche entera o desnatada, pan blanco o integral, tipo de carne, aceite, etc.) y estimar la cantidad consumida en medidas caseras o en raciones (grande, mediana, pequeña).. Para facilitar el recuerdo, ambas participantes escribieron inicialmente el menú consumido en cada comida y luego describieron detalladamente los ingredientes.

Una vez analizados los recuerdos de 72 horas, se utilizó el programa informático Dial Alce Ingeniería.

Después de analizar el tipo de alimentos que ingerían ambas participantes con el recuerdo de 72 horas, se diseñó una dieta de tipo mediterránea manteniendo las Kcal de su dieta habitual e informándolas de que alimentos deben estar más presentes en su dieta y cuáles deberían de evitar o comer en menos cantidad. La dieta isocalórica se estructuró por bloques, es decir, se repartió el total de calorías a lo largo del día y en cada comida debían elegir el tipo y cantidad de alimentos que se les señalaba según los bloques propuestos. El diseño de ambas dietas estuvo supervisado y aprobado por nutricionistas.

<p><u>LÁCTEOS (90Kc, 12CH, 8P, 0G)</u> leche, yogur o queso)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desnatados: tazón grande de leche, un yogur</li> <li>• Semi: 1 tazón grande de leche, 1 yogur, 28g de queso Philadelphia light</li> <li>• Entero: 1 tazón grande de leche, 28 g de queso graso (roquefort, azul)</li> </ul>	<p><u>GRASAS (45Kc, 0CH, 0P, 5G)</u> (aceites, mantequillas, mantecas)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 cucharilla de aceite o mantequilla</li> <li>• 2 cucharillas de mayonesa</li> </ul>
<p><u>CEREALES (80Kc, 15CH, 3P, 0G)</u> (pan, pasta, arroz, patata)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Media taza de pasta cocida</li> <li>• 1 rebanada de pan de molde</li> <li>• 1 patata pequeña</li> <li>• ½ taza de cereales</li> </ul>	<p><u>CARNES</u> (carne, pescados, huevos)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magros (55Kc, 0CH, 7P, 3G): 28g de solomillo, pechuga de pollo o pavo o de pescado blanco.</li> <li>• Semi (75Kc, 0CH, 7P, 5G): 28g de ternera, 1 huevo, 110g de tofu.</li> <li>• Grasos (100Kc, 0CH, 7P, 5G) : 28g de costillas de cerdo, ternera o cordero, 1 salchicha de Frankfurt.</li> </ul>
<p><u>FRUTAS (60Kc, 15CH, 0P, 0G)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medio plátano</li> <li>• Manzana pequeña</li> <li>• ½ taza de fruta en conserva o seca</li> <li>• 1 vaso de zumo</li> <li>• 1 rodaja de melón</li> </ul>	<p><u>VERDURAS (25Kc, 5CH, 2P, 0G)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ½ taza verduras cocidas</li> <li>• 1 taza verduras de hoja verde frescas</li> <li>• ½ taza legumbres cocidas</li> <li>• 1 vaso de zumo de zanahoria</li> </ul>



Tabla 13. Dieta tipo de 1200 Kcal de tipo mediterránea

DIETA DE PARTICIPANTE 1 - 1200 Kcal	DIETA DE PARTICIPANTE 2 - 1900 Kcal
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 bloques de cereales (80 Kcal)</li> <li>• 4 bloques de carnes (55-100 Kcal)</li> <li>• 3 bloques de verduras (25 Kcal)</li> <li>• 3 bloques de fruta (60 Kcal)</li> <li>• 2 bloques de lácteos (180-300 Kcal)</li> <li>• 3 bloques de grasas (45 Kcal)</li> </ul> <p>80 Kcal abiertas. Total de calorías 1190-1490 Kcal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 bloques de cereales (80 Kcal)</li> <li>• 6 bloques de carne (82 - 150 Kcal)</li> <li>• 6 bloques de verduras (50 Kcal)</li> <li>• 6 bloques de frutas (120 Kcal)</li> <li>• 4 bloques de lácteos (360-600 Kcal)</li> <li>• 6 bloques de grasas (90 Kcal)</li> </ul> <p>160 Kcal abiertas. Total de calorías 1890-2190 Kcal</p>
<u>DIVISIÓN DE COMIDAS EN 1 DÍA:</u>	<u>DIVISIÓN DE COMIDAS EN 1 DÍA:</u>
<p><b>DESAYUNO (240 Kcal - 20% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 bloque de fruta</li> <li>• 1 bloques de cereales</li> <li>• 1 bloque de carne</li> <li>• 1 bloque de grasa</li> </ul> <p><b>ALMUERZO (150 Kcal - 12,5% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 bloque de fruta</li> </ul>	<p><b>DESAYUNO (435 Kcal - 22% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 bloque de fruta</li> <li>• 1 bloque de cereales</li> <li>• 1 bloque de carne</li> <li>• 1 bloque de lácteos</li> <li>• 2 bloques de grasa</li> </ul> <p><b>ALMUERZO (230 Kcal - 11,5% energía total)</b></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 bloque de lácteos</li> </ul> <p><b>COMIDA (385 Kcal - 32% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 bloque de cereales</li> <li>• 1 bloque de verduras</li> <li>• 1 bloques de carne</li> <li>• 1 bloque de grasa</li> </ul> <p><b>MERIENDA (150 Kcal - 12,5% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 bloque de fruta</li> <li>• 1 bloque de lácteos</li> </ul> <p><b>CENA(245 Kcal - 20,5% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 bloques de carne</li> <li>• 2 bloques de verduras</li> <li>• 1 bloque de grasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 bloque de cereales</li> <li>• 1 bloque de fruta</li> <li>• 1 bloque de lácteos</li> </ul> <p><b>COMIDA (540 Kcal - 27% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 bloques de cereales</li> <li>• 2 bloque de verduras</li> <li>• 2 bloques de carne</li> <li>• 2 bloque de grasa</li> <li>• 1 bloque de lácteos</li> </ul> <p><b>MERIENDA (210 Kcal - 10,5% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 bloque de fruta</li> <li>• 1 bloque de lácteos</li> </ul> <p><b>CENA(475 Kcal - 24% energía total)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 bloques de carne</li> <li>• 4 bloques de verduras</li> <li>• 1 bloque de fruta</li> <li>• 2 bloques de grasa</li> </ul>
--	---

Tabla 14. Distribución de Kcal en la dieta isocalórica para cada participante.

#### 4.3.2. Descripción y justificación de los protocolos de entrenamiento

#### **4.3.2.1. Tipo de ejercicio y planificación**

Las sesiones de entrenamiento tuvieron siempre una duración de 20 min y estaban estructuradas en tres partes. La primera parte era el calentamiento, subdividido a la vez en 4 partes, seguido de la parte principal con una mezcla de trabajo de fuerza y cardiovascular, y se finalizaba con un entrenamiento tipo HIIT (*High Intensity Interval Training*).

El periodo de entrenamiento duró un cinco semanas, con una frecuencia de entrenamiento de dos sesiones a la semana separados por tres días de descanso. El hábito fue realizar los entrenamientos todos los lunes y jueves.

La primera semana sirvió para realizar una familiarización con el equipamiento y con las sensaciones de la electroestimulación durante los entrenamientos, así como también para aprender la técnica de los ejercicios empleados.. A esta primera semana le siguieron otras cuatro con sesiones de igual duración pero mayor intensidad. En estas 4 semanas el trabajo de fuerza se orientó al objetivo de pérdida de peso, combinado con ejercicio cardiovascular en el que se implicasen grupos musculares grandes para un mayor gasto calórico durante la sesión (86, 87, 88:1831-1837).

Tanto en el periodo de acondicionamiento básico como en el periodo de orientación metabólica se trabajaron los principales grupos musculares en cada sesión de entrenamiento como recomienda el Colegio Americano de Medicina del Deporte (89:687-708), aunque no se le dio gran importancia al entrenamiento de grupos musculares pequeños como el bíceps y tríceps ya que apenas producen estrés metabólico durante el entrenamiento (49:687-708). Además, al trabajar grupos musculares grandes durante el entrenamiento con ejercicios de tipo multiarticular, también se produce participación activa de dichos grupos musculares pequeños.

Ambos programas eran idénticos en duración y en ejercicios realizados, pero se diferenciaban en la frecuencia de electroestimulación (programa de 85 Hz y programa de 20 Hz).

El protocolo de entrenamiento que ambas participantes siguieron fue el siguiente:

- CALENTAMIENTO (4 minutos):

El entrenamiento siempre comienza con un calentamiento muy general de 4 minutos de duración. Dentro de esos 4 minutos, el calentamiento estaba subdividido en 4 partes de 1 minuto. Se aplicaba a todas las articulaciones y grupos musculares del cuerpo ya que puede ayudar a reducir el riesgo de lesiones relacionadas con el ejercicio, principalmente a través de fenómenos dependientes de la temperatura (97:267-278).

Este aumento de temperaturas están asociados con una mejora de la elasticidad de los músculos y tejido conectivo, además de proporcionar un mayor rango de movimiento alrededor de las articulaciones (98:481-487).

MOVILIDAD ARTICULAR (1')	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuello y hombros</li> <li>• Codos y muñecas</li> <li>• Columna vertebral y cadera</li> <li>• Rodillas y tobillos</li> </ul>
CARDIO COORDINATIVO (1')	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subir - bajar escalón</li> </ul>
CALENTAMIENTO DINÁMICO (1')	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trote + sentadilla sumo</li> </ul>
ESLABONES DÉBILES (1')	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cat-camel (anterversión - retroversión de pelvis)</li> </ul>

Tabla 15. Orden de ejercicios a seguir en el calentamiento



Figura 10. Ejemplo de ejercicios realizados en el calentamiento.

- PARTE PRINCIPAL (12 minutos):

El trabajo que se realizó durante las sesiones consistía en tres circuitos diferentes, compuestos por dos ejercicios de fuerza en los que se realizaban 15 repeticiones, seguido por 30" de un ejercicio cardiovascular. Cada uno de los tres circuitos era repetido tres veces (3 series) y sin dar descanso entre ejercicios ni entre los circuitos. La intensidad de electroestimulación siempre fue la máxima tolerable (tanto en el programa de 20 Hz como en el programa de 85 Hz)

PRIMER CIRCUITO ( x 3 SERIES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remo a cintura con sentadilla (15 rep)</li> <li>• Press pecho (15 rep)</li> <li>• Subir y bajar step (30")</li> </ul>
-------------------------------	--

SEGUNDO CIRCUITO ( x 3 SERIES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentadillas en banqueta (15 rep)</li> <li>• Press hombro con ¼ squad (15 rep)</li> <li>• Elíptica (30") a 200 W</li> </ul>
TERCER CIRCUITO ( x 3 SERIES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso muerto con remo (15 rep)</li> <li>• Swing (extensión de cadera con disco) (15 rep)</li> <li>• Jumping jack (saltos abriendo y cerrando piernas) (30")</li> </ul>

Tabla 16. Orden de ejercicios a seguir en la parte principal

### CIRCUITO NÚMERO 1:



Figura 11. Circuito 1 ejercicios realizados en la parte principal.

### CIRCUITO NÚMERO 2:



Figura 12. Circuito 2 de ejercicios realizados en la parte principal.

### CIRCUITO NÚMERO 3:

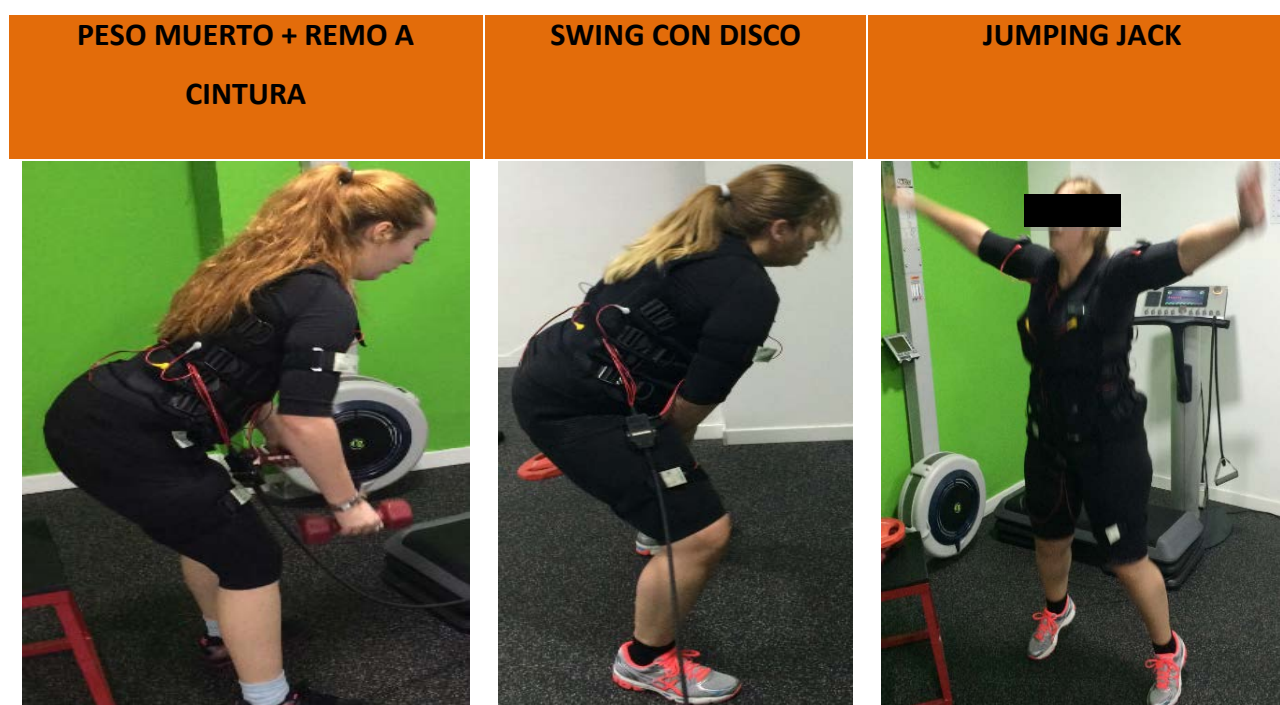


Figura 13. Circuito 3 de ejercicios realizados en la parte principal.



El entrenamiento tipo HIIT duró 4 minutos, alternando series de 20" de trabajo al máximo según la escala de esfuerzo, y 40" de descanso a una intensidad del 40%.

INTERVALOS ALTA INTENSIDAD (HIIT) (x 4 SERIES DE 1 MINUTO)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elíptica</li></ul> <b>40" intensidad baja a 50 W</b> <b>20" alta intensidad a 250 W</b>
---	--

Tabla 17. Orden de ejercicios a seguir en el HIIT

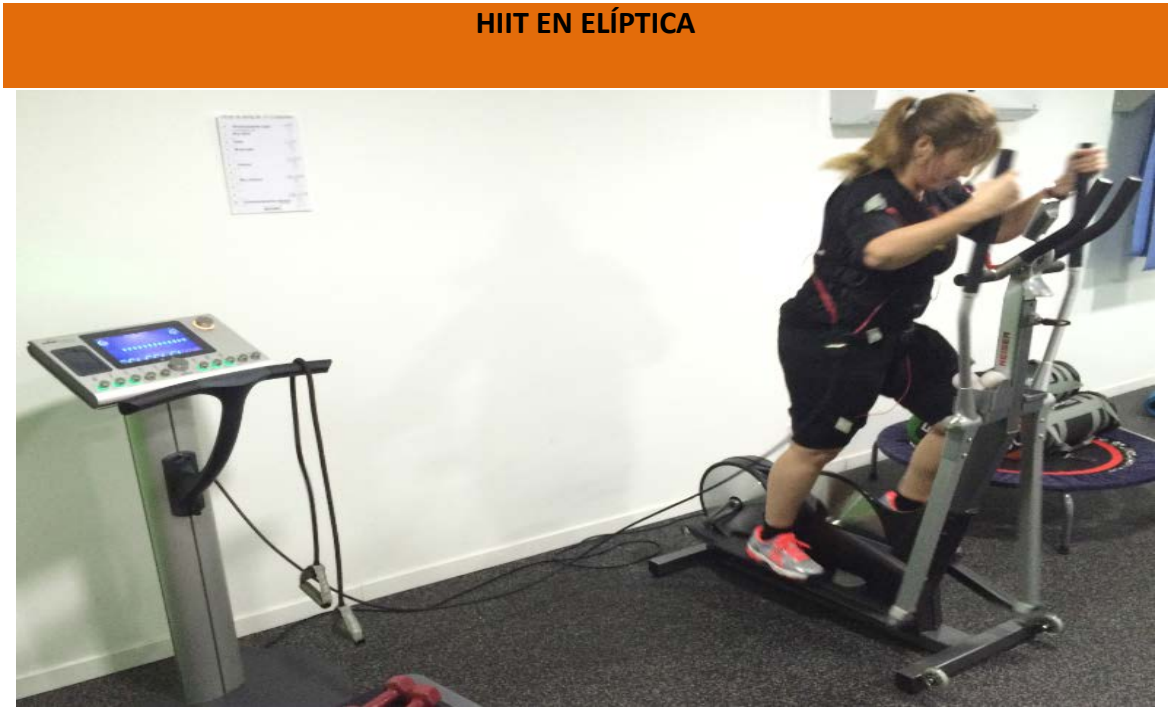


Figura 14. Ejemplo de HIIT.

**4.3.2.2. Intensidad**

En ningún momento de la intervención se les midió la fuerza, por lo que las cargas se controlaron mediante las sensaciones de ambas participantes utilizando la escala de OMNI-RES (Escala de Esfuerzo Percibido para el Entrenamiento de Fuerza) (127:252-256) (figura 22)



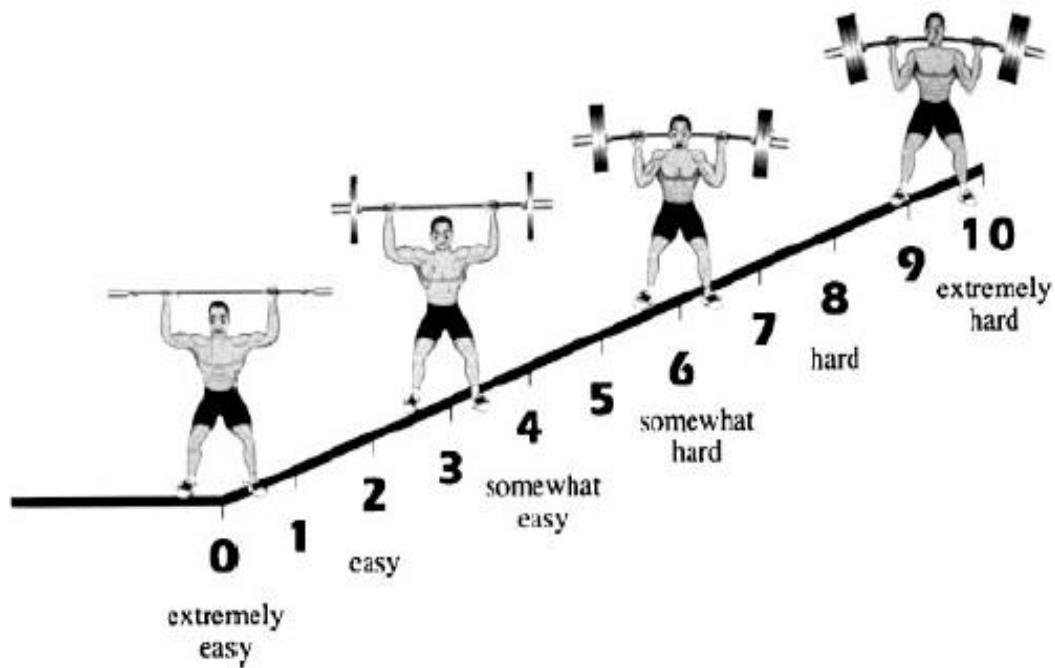


Figura 15. OMNI-RES (Escala de Esfuerzo Percibido para el Entrenamiento de Fuerza).  
Tomada de Lagally KM, 2006.

La intensidad se reguló mediante la modificación de los canales individuales según distintos grupos musculares (1.Muslos, 2.Glúteos, 3.Lumbares, 4. Trapecio, 5.Dorsales, 6.Abdomen, 7.Pectoral y 8.Brazos)

20 Hz



85 Hz





Figura 16. Intensidades individuales según grupos musculares a 85 Hz y a 20 Hz. Cada canal, rodeados en azul, controla un grupo muscular diferente. 1: Muslos, 2: Glúteos, 3: Lumbares, 4: Trapecio, 5: Dorsales, 6: Abdomen, 7: Pectoral y 8: Brazos

#### 4.3.2.3. Velocidad de ejecución

Durante toda la intervención, la velocidad de ejecución de los ejercicios de fuerza fue de 2:2, es decir, dos segundos tanto para la fase concéntrica como para la fase excéntrica. Se escogió esta para conseguir un gran tiempo de tensión muscular y que las demandas metabólicas fueran elevadas (121:687-708).

#### 4.4. Pruebas de evaluación: Composición corporal.

Para realizar la medición de los parámetros antropométricos se tuvieron en cuenta una serie de consideraciones con el fin de dar fiabilidad a los datos (105):

- La exploración se realizó siempre en una estancia suficientemente amplia y a una temperatura confortable. El sujeto estudiado estará con ropa adecuada para la medición.

- Dado que las medidas de peso corporal y estatura sufren variaciones a lo largo del día, las mediciones se realizaron siempre a la misma hora.
- Las mediciones se realizaron siempre en el hemicuerpo derecho.
- Las mediciones de cada día se repitieron al menos 2 veces, tomándose una tercera cuando fue necesario.

#### **4.4.1. Valoración de la condición anatómica**

##### **4.4.1.1. Estatura**

Las participantes fueron medidas con un tallímetro de pared. Éste se coloca sobre la misma con un rango de medición de 60 a 200 cm (figura 6). El protocolo de medición con el tallímetro consiste en apoyar la parte posterior de la espalda, glúteos y talones sobre la pared, siempre teniendo en cuenta que ambos talones de los pies queden juntos. Se les pide que realicen una respiración honda y mantuvieran esa posición para realizar una suave tracción hacia arriba a través de los procesos mastoideos. Seguidamente, la pieza del tallímetro se coloca sobre el vértex apretando el cabello. Y finalmente se toma la medición después de una respiración profunda (23).

##### **4.4.1.2. Peso corporal**

Según recomendaciones de la ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría) para obtener el peso de ambas participantes, se puede utilizar una báscula Tanita, en concreto el modelo BC-601 (analizador de la composición corporal) con una precisión de 100 gr (23).

Se obtiene el peso de la persona, % de grasa corporal, % de agua, kg de masa muscular, edad metabólica, masa ósea y grasa visceral (figura 7), como recomienda la ISAK (23).

#### **4.4.1.3. Perímetros**

Para medir los perímetros se utilizó la cinta métrica Cescorf homologada por la ISAK (figura 8). Y para marcar los puntos un lápiz de ojos antialérgico.

Se midieron los siguientes perímetros (23):

- Perímetro del brazo relajado: A nivel de la línea medio-acromial (tomando antes los puntos acromial y radial) y con la cinta perpendicular al eje longitudinal del húmero.

- Perímetro del tórax: El sujeto debe realizar una abducción de hombros para poder pasar la cinta métrica detrás del tórax en un plano casi horizontal. La medida se toma a nivel mesoesternal y siempre al final de una espiración normal.

- Perímetro de la cintura: El sujeto debe permanecer con los brazos relajados a los lados del cuerpo, realizándose la medición la medición al final de una espiración normal y el nivel del punto más estrecho entre la última costilla y la cresta iliaca.

- Perímetro abdominal medio: La cinta va paralela al suelo a nivel del ombligo. La medición se realiza al final de una espiración normal.

- Perímetro de la cadera: Tomado al nivel del máximo relieve de los músculos glúteos. El evaluador se pone al lado del sujeto para asegurar que la cinta se mantenga en el plano horizontal.

- Perímetro del muslo: Se toma 1 cm por debajo del pliegue glúteo, perpendicular al eje longitudinal del muslo.

- Perímetro del gemelo: Es el perímetro máximo de la pierna. Consiste en identificar la circunferencia máxima, que se encuentra usando los dedos medios para manipular la posición de la cinta en una serie de mediciones hacia arriba y hacia abajo, hasta encontrar el máximo perímetro.

Estos perímetros se utilizaron para estimar el porcentaje de grasa corporal. No se realizó la medición de los pliegues subcutáneos debido a que una de las

participantes es obesa y las características del panículo adiposo en este tipo de muestra son especiales. Por ello, la toma de pliegues no se considera la aproximación más correcta para estimar la grasa corporal en este caso.

Por lo tanto utilizamos las fórmulas de Weltam (ecuación 1), basadas en perímetros corporales para mujeres (20:166-179):

$$\% = 0,11077( \text{ } ) - 0,17666( \text{ } ) + 0,14354( \text{ } ) + 51,03301$$

Ecuación 3. Fórmula %GC en personas obesas. %GC (% de grasa corporal)

**4.4.1.4. IMC**

Para calcular el IMC se utilizaron la altura y el peso (ecuación 2).

$$= \frac{( )}{( )}$$

Ecuación 4. Fórmula IMC.

**4.4.1.5. Índice cintura/cadera (ICC)**

Este índice es la relación de el perímetro de la cintura entre el perímetro de la cadera (ecuación 3).

$$= \frac{í ( )}{í ( ) 100}$$

Ecuación 5. Índice cintura-cadera

#### 4.4.1.6. Índice cintura/altura

$$Í = \frac{C}{A^2}$$

Ecuación 6. Índice cintura-altura.

Cuando el valor supera 0,5 se considera que la persona está en riesgo de salud.

#### 4.4.1.7. Bioimpedancia eléctrica

Para el pesaje de ambas participantes se utilizó la Tanita BC-601 (figura 7). Para realizar la bioimpedancia se les pidió que siguieran las siguientes normas (16:934-942):

- No comer ni beber en las 4 horas previas al test.
- No realizar ejercicio extenuante las 12 horas antes.
- Orinar 30 minutos antes del test.
- No consumir alcohol 48 horas antes.
- No tomar diuréticos 7 días antes.
- Retirar todo elemento metálico del cuerpo.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado, se mostrarán los resultados, discutiéndose sobre la variación de los mismos tras la intervención realizada.

### 5.1. Peso corporal, IMC y porcentaje de grasa.

Para el programa de 85 Hz hubo un aumento de peso de 0,5 Kg y para el programa de 20 Hz hubo una disminución de 1,9 Kg (tabla 16 y figura 10).

En el caso de realizar un programa de pérdida de peso, la recomendación de la ACSM (38: 2145-2156) es que se produzca una reducción de peso de 0,5 a 0,9 kg a la semana, es decir, que en un mes haya bajado como mínimo 2 kg, y eso es lo que ha ocurrido con el programa de 20 Hz, al contrario que con el programa de 85 Hz.

Por tanto, en nuestro estudio solo el entrenamiento de 20 Hz fue eficaz para conseguir una pérdida de peso con una dieta de tipo isocalórica.

SEMANAS DE ENTRENAMIENTO	PESO CORPORAL (Kg)	
	Participante 1	Participante 2
	(Entrenamiento 85 Hz)	(Entrenamiento 20 Hz)
Medición inicial	86,7	59,6
Semana 1	87,6	58,2
Semana 2	86,9	56,9
Semana 3	87,1	57,4
Semana 4	87,3	57,6

<b>Semana 5</b>	87,3	57,6
<b>CAMBIO EN PESO</b>	+ 0,6 Kg	- 2,0 Kg

Tabla 18. Resultados de pérdida de peso.

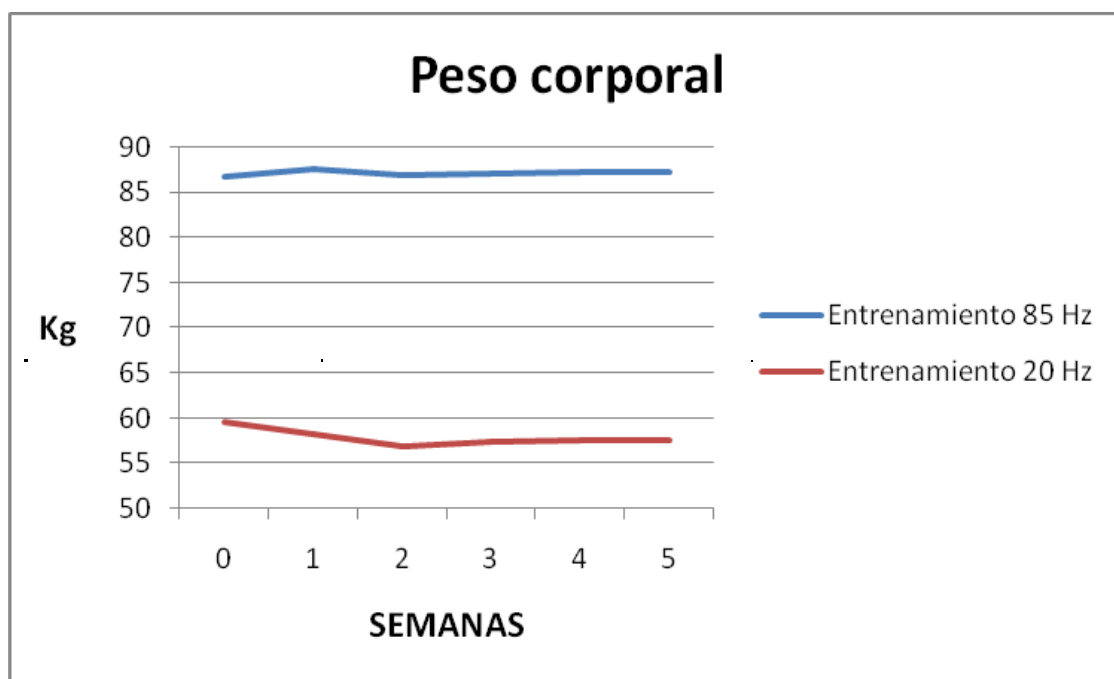


Figura 17. Evolución del peso corporal a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.

Al producirse cambios en el peso de ambas participantes, el IMC también lo hizo. En la participante con el programa de 85 Hz, el IMC pasó de  $33,0 \text{ kg/m}^2$  a  $33,3 \text{ kg/m}^2$  (el cambio neto fue de + 0,3) y en la participante con el programa de 20 Hz el IMC pasó de  $23,9 \text{ kg/m}^2$  a  $23,0 \text{ kg/m}^2$  (cambio neto de - 0,9).

Es decir, que según la OMS (1), la participante del programa de 85 Hz al final de programa seguía dentro de los rangos de obesidad clase I, por lo que no se consiguió un cambio de estado de IMC. Lo mismo ocurrió con la participante del programa de 20 Hz, que continuó dentro de los rangos de normopeso.



SEMANAS DE ENTRENAMIENTO	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	
	Entrenamiento 85 Hz	Entrenamiento 20 Hz
Medición inicial	33,0	23,9
Semana 1	33,4	23,3
Semana 2	33,1	22,8
Semana 3	33,2	23,0
Semana 4	33,3	23,1
Semana 5	33,3	23,0
CAMBIO NETO	+ 0,3 kg/m <sup>2</sup>	- 0,9 kg/m <sup>2</sup>

Tabla 19 . Evolución del IMC a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento.

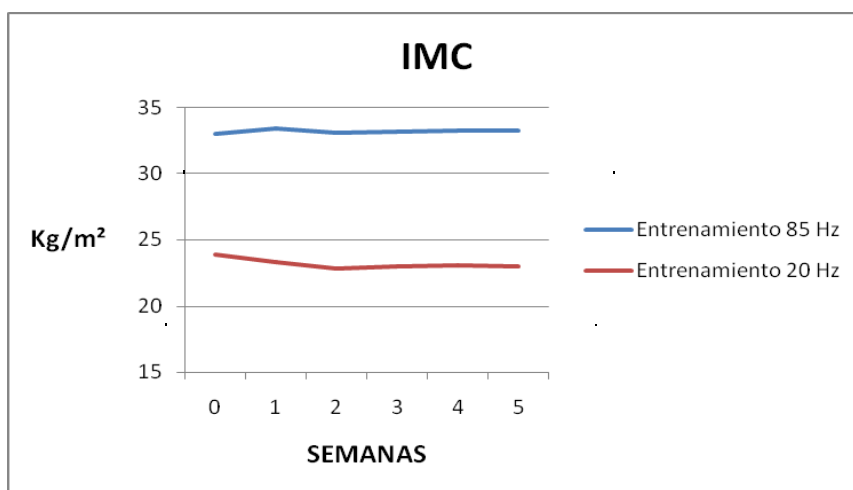


Figura 18. Evolución del IMC lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.

El porcentaje de grasa medido con bioimpedancia eléctrica pasó de 46,60% a 43,90% (cambio neto: -2,70%) en la participante del programa de 85 Hz y de 33,2% a 28,2% (cambio neto: - 5,0%) en la participante del programa de 20 Hz (figura ). Si

hacemos el cálculo en kg de grasa corporal, la participante del programa de 85 Hz tenía 40,4 kg de grasa y pasó a 38,06 kg después de la intervención de un mes, por lo que perdió 2,3 kg de grasa; y la participante del programa de 20 Hz tenía 19,78 kg de grasa y pasó a 16,27 kg, por lo que perdió 3,51 kg de grasa.

Los datos resultantes en cuanto a la pérdida de grasa son similares a otros estudios realizados con el chaleco de electroestimulación, obteniendo beneficios en la pérdida de grasa corporal (118:1353-1364, 119:1880-1887)

SEMANAS DE ENTRENAMIENTO	% Grasa corporal	
	Entrenamiento 85 Hz	Entrenamiento 20 Hz
<b>Medición inicial</b>	46,6	33,2
<b>Semana 1</b>	46,3	32,8
<b>Semana 2</b>	45,8	31,4
<b>Semana 3</b>	45,5	31,6
<b>Semana 4</b>	44,9	29,7
<b>Semana 5</b>	43,9	28,2
<b>CAMBIO NETO</b>	- 2,7 %	- 5,0 %

Tabla 20 . Evolución del porcentaje de grasa corporal a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento.

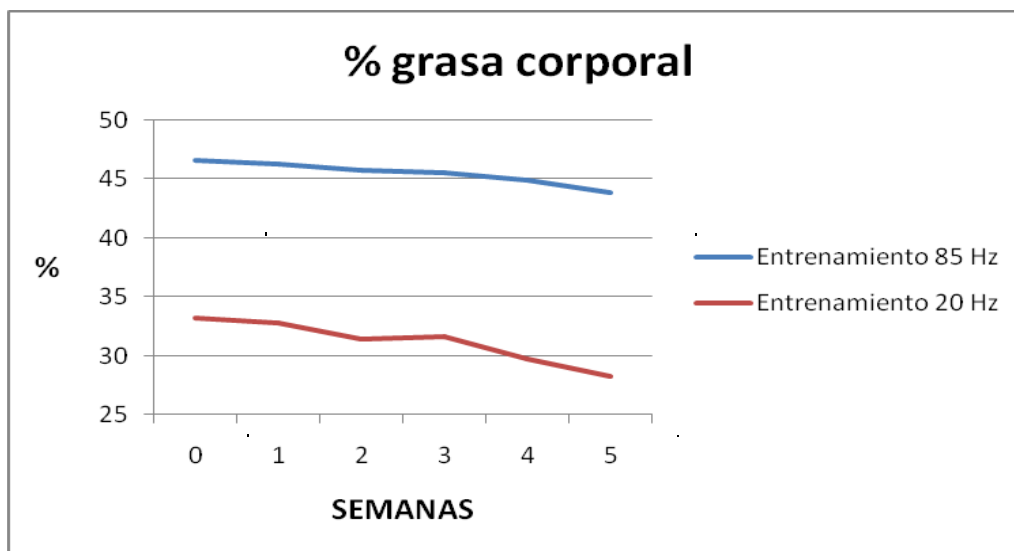


Figura 19. Evolución del % de grasa corporal a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.

Los kilogramos de masa muscular medidos con bioimpedancia eléctrica pasaron en la participante del programa de 85 Hz de 43,9 Kg a 46,6 Kg (cambio neto: + 2,70 Kg) y en la participante del programa de 20 Hz de 37,8 Kg a 38,8 Kg (cambio neto: -1,5 Kg) (tabla26 ). Por lo que la participante del programa de 85 Hz obtuvo mejores resultados en cuanto a ganancias de masa muscular que la participante del programa de 20 Hz.

Los datos resultantes en cuanto a la ganancia de masa muscular son similares a otros estudios realizados con el chaleco de electroestimulación, obteniendo beneficios el aumento de masa muscular con personas con sarcopenia. Aunque en este caso solo se ha producido dicho aumento en el programa de 85 Hz (118:1353-1364, 119:1880-1887)

SEMANAS DE ENTRENAMIENTO	Kg de Masa Muscular	
	Entrenamiento 85 Hz	Entrenamiento 20 Hz
Medición inicial	43,9	37,8

<b>Semana 1</b>	44,4	37,1
<b>Semana 2</b>	44,7	37,0
<b>Semana 3</b>	45,0	36,5
<b>Semana 4</b>	45,7	36,4
<b>Semana 5</b>	46,6	36,3
<b>CAMBIO NETO</b>	2,7 Kg	- 1,5 kg

Tabla 21 . Evolución de los Kilos de masa muscular a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento.

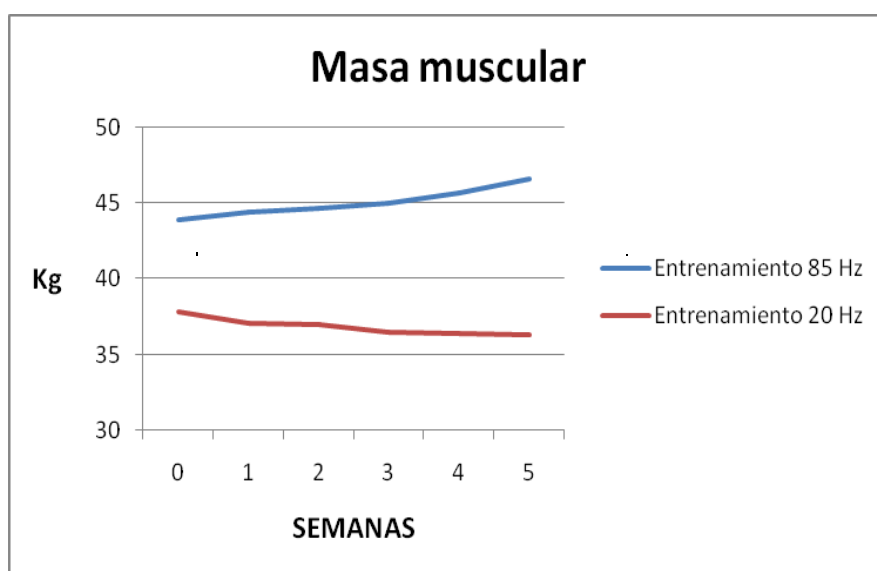


Figura 20. Evolución de la masa muscular a lo largo de las 5 semanas de entrenamiento en las dos participantes.

## 5.2. Perímetros e índice cintura/altura.

Como podemos observar en las tablas 27 y 28, los perímetros de ambas participantes disminuyeron durante todo el periodo de entrenamiento. Los cambios más acentuados se dieron en el de la cintura, con una reducción de 4,4 cm para el programa de 85 Hz y de 2,3 cm para el programa de 20 Hz; además de en el abdominal

medio con una reducción de 4,3 y 1,7 cm para 85 Hz y 20 Hz respectivamente. Además también se produjeron grandes cambios en el perímetro de los muslos del programa de 20 Hz, con una disminución de 5,5 cm.

En algunos estudios (118:1353-1364, 119:1880-1887), hablan acerca de beneficios en cuanto a la disminución de perímetros corporales relacionados con la zona abdominal. Y según los resultados obtenidos la mayor disminución se ha producido en este lugar.

PERÍMETROS						
	Abdominal medio (cm)		Cintura (cm)		Cadera (cm)	
SEMANAS DE ENTRENAMIENTO	85 Hz	20 Hz	85 Hz	20 Hz	85 Hz	20 Hz
Medición inicial	113,4	81,2	105,5	71,5	119,7	89,1
Semana 1	113,1	80,6	103,5	71,3	119,1	89,0
Semana 2	110,0	80,1	103,0	71,3	117,9	89,0
Semana 3	109,5	79,8	102,8	71,0	117,5	88,8
Semana 5	109,3	79,6	100,5	69,8	117,1	88,7
Semana 5	109,1	79,5	100,1	69,2	117,0	88,7
CAMBIO NETO	4,3 cm	1,7 cm	4,4 cm	2,3 cm	2,7 cm	0,4 cm

Tabla 22 . Resultados de perímetros I

PERÍMETROS								
	Pecho (cm)		Brazo (cm)		Muslo (cm)		Gemelo (cm)	
SEMANAS DE ENTRENAMIENTO	85 Hz	20 Hz	85 Hz	20 Hz	85 Hz	20 Hz	85 Hz	20 Hz
Medición inicial	102,6	85,2	33,9	28,0	65,9	59,6	39,7	34,5
Semana 1	101,9	85,0	33,3	27,5	65,8	57,0	39,7	34,4
Semana 2	101,6	85,0	33,2	27,0	65,8	55,0	39,5	34,2
Semana 3	101,4	84,5	33,0	26,8	65,7	54,8	39,3	34,0
Semana 5	101,2	84,1	32,8	26,3	65,6	54,5	39,2	34,0
Semana 5	101,2	83,6	32,7	26,0	65,6	54,1	39,2	33,8
CAMBIO NETO	1,5 cm	1,6 cm	1,2 cm	2,0 cm	0,3 cm	5,5 cm	0,5 cm	0,7 cm

Tabla 23 . Resultados de perímetros II

### 5.3. Composición nutricional

En cuanto a los datos de la composición nutricional de las participantes, estas tablas muestran la descripción de la ingesta media total de energía y nutrientes promedio diaria

#### PARTICIPANTE 1

Periodo: 3 días. MUJER Edad: 32 años. Peso: 86 Kg. Talla: 162 cm. IMC: 32,8

<b>Energía (kcal)</b>	<b>1330</b>	<b>Minerales</b>		<b>Vitaminas</b>	
<b>Proteína (g)</b>	<b>47,8</b>	Calcio (mg)	216	Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	1,1
<b>Hidratos de C</b>	<b>95,2</b>	Hierro (mg)	7,5	Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0,84
<b>(g)</b>					
<b>Fibradietetica</b>	<b>13,2</b>	Yodo (mg)	43,4	Eq. Niacina (mg)	25,7
<b>(g)</b>					
<b>Grasa total</b>	<b>75,9</b>	Magnesio	155	Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	1,3
<b>(g)</b>		(mg)			
AGS (g)	19,6	Zinc (mg)	5,1	AcidoFólico (µg)	121
AGM (g)	35,5	Selenio (mg)	69,4	Vitamina B <sub>12</sub> (µg)	
AGP (g)	14,5	Sodio (mg)	1314	Vitamina C (mg)	35,7
AGP/AGS	0,74	Potasio (mg)	1577	Retinol (µg)	92,2
[AGP+AGM]/A	2,6	Fósforo (mg)	841	Carotenos (µg)	1816
GS					
Colesterol	164	Flúor (mg)	105	Vit. A: Eq. Retinol	403
(mg)				(µg)	
Agua (g)	2112			Ac. Pantoténico	3,3
				(mg)	
Alcohol (g)	7			Biotina (µg)	21,7
				Vitamina D (µg)	0,48
				Vitamina E (mg)	7,2

Tabla 24. Descripción de macronutrientes y micronutrientes de participante 1

Grupo	%	Energía	%P	Proteínas	%HC	Hidratos Carbono	%	Lípidos
Desayuno	<b>14</b>	191	<b>12</b>	6	<b>49</b>	23	<b>37</b>	8
Almuerzo	<b>43</b>	574	<b>17</b>	24	<b>21</b>	31	<b>61</b>	39
Cena	<b>42</b>	565	<b>13</b>	18	<b>29</b>	42	<b>47</b>	29

Tabla 25. Distribución de le energía total según las comidas que realiza en un día

<b>PARTICIANTE 2</b>					
Periodo: 3 días. MUJER Edad: 19 años. Peso: 59,6 Kg. Talla: 158 cm. IMC: 23,9					

<b>Energía (kcal)</b>	<b>1890</b>	<b>Minerales</b>		<b>Vitaminas</b>	
<b>Proteína (g)</b>	<b>80,6</b>	Calcio (mg)	598	Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	1,9
<b>Hidratos de C</b>	<b>192</b>	Hierro (mg)	11,5	Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	2,2
<b>(g)</b>					
<b>Fibradietética</b>	<b>16,1</b>	Yodo (µg)	91,7	Eq. Niacina (mg)	36,3
<b>(g)</b>					
<b>Grasa total (g)</b>	<b>84,2</b>	Magnesio (mg)	254	Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	2
AGS (g)	37,2	Zinc (mg)	10,7	AcidoFólico (µg)	247
AGM (g)	34,4	Selenio (mg)	45,4	Vitamina B <sub>12</sub> (µg)	
AGP (g)	6,7	Sodio (mg)	3870	Vitamina C (mg)	86,5
AGP/AGS	0,18	Potasio (mg)	2644	Retinol (µg)	419
[AGP+AGM]/A	1,1	Fósforo (mg)	1148	Carotenos (µg)	8524



GS					
Colesterol (mg)	351	Flúor (mg)	90,9	Vit. A: Eq. Retinol (µg)	1946
Agua (g)	1587			Ac. Pantoténico (mg)	3,8
Alcohol (g)	1,3			Biotina (µg)	17
				Vitamina D (µg)	0,9
				Vitamina E (mg)	7,2

Tabla 26. Descripción de macronutrientes y micronutrientes de la participante 2

Grupo	%	Energía	%	Proteínas	%	Hidratos Carbono	%	Lípidos
Desayuno	23	442	7	8,1	56	61,6	35	17,4
Media mañana	5	85,2	17	3,6	67	14,2	4	0,34
Almuerzo	52	974	16	38,2	33	81,3	49	53,3
Cena	21	389	32	30,7	36	35	31	13,2

Tabla 27. Distribución de la energía total según las comidas que realiza en un día la participante 2

Para que una dieta sana y equilibrada tenga éxito, debe haber una serie de alimentos que deben consumirse con muy poca frecuencia, como aquellos que cuentan con un alto índice glucémico como el pan, la patata, el arroz, dulces, refrescos, etc. (33:335-340). Por el contrario, la proteína juega un papel importante en una alimentación completa, ya que aquellas dietas que conllevan un alto contenido en

proteínas y sus alimentos se caracterizan por tener un índice glucémico bajo son más efectivas para la pérdida de peso y para la no reganancia que aquellas en las que se incluyen menos proteínas y alimentos con un índice glucémico muy elevado (37:229-241,81:2102-2113).

En cuanto al agua se recomendó beber entre 2 y 3 litros al día y siempre que tuvieran sensación de sed beber agua preferiblemente a otro tipo de bebidas. De esta forma, solo bebiendo agua consumirían menos energía evitando refrescos. Hay una relación muy directa en la ingesta de agua relacionada con una reducción del consumo calórico a partir de otras bebidas (83:505-521).

Ambas participantes no estaban acostumbradas a desayunar, de hecho la mayoría de días solo ingerían un café o incluso comenzaban el día con el estómago vacío. Al contrario que en la cena, que solía acaparar el mayor aporte calórico del día, por lo que ambas cambiaron ese hábito e introdujeron mayor aporte de energía en el desayuno ya que evidencia de que al consumir más energía en el desayuno que en la cena, es favorable para una mayor pérdida de peso (84:2504-2512).

En cuanto a las comidas, ambas consumían un porcentaje de grasas LDL muy elevado y al mejorar la calidad de la dieta este porcentaje se redujo. También solían comer muy tarde debido a sus ocupaciones y se les recomendó que intentaran hacer la comida principal antes de las 15.00, ya que hay algunos estudios que constatan que las personas realizan la comida principal más tarde de las 15:00 pierden menos peso que aquellas que comen antes (85:604-611). Al mismo tiempo, las personas que tienen el hábito de comer tan tarde, tienen una tendencia a desayunar muy poca cantidad e incluso a saltarse el desayuno y al final del día su ingesta calórica es la misma que aquellos que no se lo saltan (85:604-611), por lo que al finalizar el día su consumo calórico es mucho más elevado que llevando una dieta mejor repartida a lo largo de todo el día.

Así pues, según los resultados, cabe resaltar que ambas participantes redujeron de manera notable sus perímetros corporales, con mayores resultados en los perímetros de la zona abdominal.

En cuanto al peso total en las participantes, la participante 1 con el programa de 85 Hz aumentó su peso, pero se pudo observar que su % de grasa había disminuido y ese incremento se produjo por un aumento de la masa muscular.

En cuanto a la participante 2, con el programa de 20 Hz, se produjo un disminución en el peso total, en el porcentaje de grasa y también en los Kg de masa muscular.

## 6. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en el programa de electroestimulación de cuerpo completo descrito previamente, se puede concluir que la aplicación de un programa con el chaleco de electroestimulación combinado con dieta isocalórica produjo los siguientes resultados:

1. En el programa de 85 Hz se produjo un leve aumento, casi mantenimiento, del peso corporal. Por el contrario, en el programa de 20 Hz se produjo una pérdida de peso de aproximadamente 2 kg.
2. La participante del programa de 85 Hz incrementó su masa muscular en 2,7 kg, al contrario que la participante con el programa de 20 Hz, que tuvo una disminución en dicho parámetro de 1,5 kg.
3. El porcentaje de grasa corporal descendió en ambos programas. Esta reducción se vio reflejada también en la disminución importante que se observó en todos los perímetros corporales.
4. Los perímetros en los que se produjo mayor reducción fueron los de cintura, abdominal medio y cadera en ambos programas.
5. Según los resultados obtenidos, una persona activa que suele tener hábitos de realizar ejercicio y entrena habitualmente fuerza puede que el programa más aconsejado sea el de 20 Hz ya se produjo una disminución del % de grasa y de perímetros notable, de esta forma puede incidir más en disminuir la grasa y mantener la masa muscular con otro tipo de entrenamiento de fuerza.
6. Y para una persona sedentaria, lo más aconsejable sería realizar el programa

de 85 Hz ya que los resultados obtenidos en el programa son favorables debido al aumento de masa muscular y a la disminución del % de grasa y perímetros corporales.

## **7. LIMITACIONES Y FUTUROS TRABAJOS EN ESTE CAMPO**

1. El tamaño de la muestra fue muy pequeño, por lo que el efecto del chaleco de electroestimulación en dos mujeres no permite extrapolar los resultados a la población con sobrepeso y obesidad en general
2. Hubiera sido interesante haber realizado un seguimiento posterior con ambas mujeres para verificar si hay efectividad en los resultados conseguidos a largo plazo, si no se produce una recuperación del peso perdido o si se produce un efecto “yoyó”.
3. Otra limitación ha sido no tener acceso a la utilización de materiales más precisos para comprobar con mayor exactitud los cambios en la composición corporal como puede ser el DEXA, en vez de la bioimpedancia.
4. También hubiese sido útil haber realizado un control bioquímico para analizar la repercusión del entrenamiento en variables como el daño muscular o sufrimiento hepático. Estos parámetros son importantes de cara a valorar la relación riesgo/beneficio de cualquier intervención de este tipo.
5. Tampoco se ha realizado una valoración en componentes relacionados con la condición física, por lo que no podemos conocer los cambios que el programa de entrenamiento tuvo sobre la capacidad aeróbica, la fuerza, etc.

## 8. APLICACIONES PRÁCTICAS

En este último año ha habido una gran transcendencia con el uso de el chaleco de electroestimulación, en lo referido a sus usos y a los resultados reales que tanto promocionan las mismas marcas. Cada una de ellas promete resultados excepcionales con muy poco tiempo de entrenamiento, como la pérdida de peso y volumen, tonificación muscular, efecto antioxidante, efecto anticelulítico y relajación muscular, entre otros.

En la actualidad, existe una falta de conocimiento científico sobre el chaleco de electroestimulación, apareciendo varios estudios con esta herramienta, pero aún sin peso científico suficiente como para tener evidencias claras. Nuestro trabajo, aún con sus limitaciones, ha pretendido arrojar cierta luz en este aspecto, pudiendo afirmar que:

- Las promesas que publicitan los centros de electroestimulación sobre el chaleco están en duda, no produciendo los cambios en la composición corporal tan sustanciales como los que prometen, al menos en el caso de las mujeres y a corto plazo.
- La electroestimulación integral, o chaleco de electroestimulación, parece una herramienta útil para lograr un aumento de masa muscular solo en el caso de que el programa esté orientado a la hipertrofia (como es el caso del programa de 85 Hz).
- El chaleco de electroestimulación integral parece una herramienta más dentro del mundo del fitness, que puede complementar el entrenamiento de aquellas personas que quieren mejorar su salud y rendimiento deportivo.
- Este tipo de herramientas puede favorecer la reducción del sedentarismo en personas que no puedan realizar ejercicio cardiovascular, por problemas de

fatiga o problemas articulares al carecer de impacto. Este tipo de entrenamiento puede servir de progresión para otros tipos de entrenamientos más intensos o con mayor carga o impacto. Además, es fácil aprovechar el reclamo publicitario creado actualmente para aquel perfil de público que no les gusta realizar ejercicio. Ello, unido a la brevedad de las sesiones de entrenamiento (20 minutos), puede ser muy positivo para que ciertos grupos de la población se inicien en la actividad física.

- Lo más relevante e importante de esa herramienta es que debe ser utilizada por un profesional de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, para adecuar cada entrenamiento e intensidad del chaleco a las características de cada persona.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. Physical status: The use of and interpretation of anthropometry, Report of a WHO Expert Committee. 1995.
2. Gonzalez M, Benito PJ., Meléndez A. Obesidad. In: Chicharro JL, editor. Fisiología clínica del ejercicio: Ed. MédicaPanamericana; 2008. p. 280-300.
3. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM. Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(2):459; 459-471; 471.
4. Palma-Milla, S.; Fernández-Fernández, C.; Gómez-Candela, C.«Sobrepeso y Obesidad». En S.C. Calvo-Bruzos, E. Escudero, C. Gómez-Candela y P. Riobó (eds.) *Patologías nutricionales en el siglo XXI: un problema en salud pública*. Madrid: Editorial UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), (2001): pp. 77-103.
5. Rodríguez, A.; López-Valcárcel, B. G. «El transfondoeconomico de las intervenciones sanitarias en la prevención de la obesidad». *RevEspSalud Pública*, (2009), 83: 25-41
6. Benito Peinado, P.J.; Calvo Bruzos, S. C.; Gómez Candela, C.; Iglesias Rosado, C. «Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte».Madrid: Editorial UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), (2013):721-722.
7. Vissers D, Hens W, Taeymans J, Baeyens J, Poortmans J, Van Gaal L. The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: a systematic review and meta-analysis. *PloS one* 2013;8(2):e56415.

8. Ismail I, Keating S, Baker M, Johnson N. A systematic review and meta-analysis of the effect of aerobic vs. resistance exercise training on visceral fat. *Obesity reviews* 2012;13(1):68-91.
9. Ho S, Dhaliwal S, Hills A, Pal S. The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BMC Public Health* 2012;12(1):704.
10. Schwingshackl L, Dias S, Strasser B, Hoffmann G. Impact of Different Training Modalities on Anthropometric and Metabolic Characteristics in Overweight/Obese Subjects: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *PloS one* 2013;8(12):e82853.
11. Basterra-Gortari FJ, Beunza JJ, Bes-Rastrollo M, Toledo E, García-López M, Martínez-González MA. Increasing trend in the prevalence of morbid obesity in Spain: from 1.8 to 6.1 per thousand in 14 years. *Revista Española de Cardiología (English Edition)* 2011;64(5):424-426.
12. Berghofer, A.; Pischke, T.; Reinhold, T.; Apovian, C.M.; Sharma, M.; Willich, S.N. «Obesity prevalence from European perspective: a systematic review». *BMC Public Health*, (2008), 8: 200.
13. Saura J, Isidro F, Heredia J, Segarra V. Evidencias científicas sobre la eficacia y seguridad de la dieta proteinada. Dieta proteinada y ejercicio físico. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2014;7(1):27-32.
14. Sánchez-Cruz J, Jiménez-Moleón JJ, Fernández-Quesada F, Sánchez MJ. Prevalence

of child and youth obesity in Spain in 2012. *Revista Española de Cardiología (English Edition)* 2013;66(5):371-376.

15. Lehnert T, Sonntag D, Konnopka A, Riedel-Heller S, König H. Economic costs of overweight and obesity. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 2013.
16. Singh S, Somers VK, Clark MM, Vickers K, Hensrud DD, Korenfeld Y, et al. Physician diagnosis of overweight status predicts attempted and successful weight loss in patients with cardiovascular disease and central obesity. *Am Heart J* 2010;160(5):934-942.
17. Lopez-Jimenez F, Miranda WR. Diagnosing obesity: beyond BMI. *Virtual Mentor* 2010;12(4):291.
18. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000 Sep;72(3):694-701.
19. Flegal KM, Shepherd JA, Looker AC, Graubard BI, Borrud LG, Ogden CL, et al. Comparisons of percentage body fat, body mass index, waist circumference, and waist-stature ratio in adults. *Am J Clin Nutr* 2009 Feb;89(2):500-508.
20. Cruz JRA, Armesilla MDC, de Lucas AH. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte* 2009(131):166-179.

21. Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R. Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. *Am J Clin Nutr* 2004 Mar;79(3):379-384.
22. Zhu S, Wang Z, Heshka S, Heo M, Faith MS, Heymsfield SB. Waist circumference and obesity-associated risk factors among whites in the third National Health and Nutrition Examination Survey: clinical action thresholds. *Am J Clin Nutr* 2002 Oct;76(4):743-749.
23. Norton K, Olds T, Mazza JC, Cuesta G, Palma M. Antropométrica: un libro de referencia sobre mediciones corporales humanas para la educación en deportes y salud. : Biosystem Servicio Educativo; 2000.
24. Lean ME, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ* 1995 Jul 15;311(6998):158-161.
25. Ashwell M, Lejeune S, McPherson K. Ratio of waist circumference to height may be better indicator of need for weight management. *BMJ* 1996 Feb 10;312(7027):377.
26. Crujeiras AB, Goyenechea E, Abete I, Lage M, Carreira MC, Martínez JA, et al. Weight regain after a diet-induced loss is predicted by higher baseline leptin and lower ghrelin plasma levels. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2010;95(11):5037-5044.
27. Volek JS, Quann EE, Forsythe CE. Low-carbohydrate diets promote a more favorable body composition than low-fat diets. *Strength & Conditioning Journal* 2010;32(1):42-47.
28. McAuley KA, Hopkins CM, Smith KJ, McLay RT, Williams SM, Taylor RW, et al.

Comparison of high-fat and high-protein diets with a high-carbohydrate diet in insulin-resistant obese women. *Diabetologia* 2005 01/01;48(1):8-16.

29. Anta O, Rosa M, López-Sobaler AM, Pérez-Farinós N. Associated factors of obesity in Spanish representative samples. *NutricionHospitalaria* 2013;28.
30. Cappuccio FP, Taggart FM, Kandala NB, Currie A, Peile E, Stranges S, et al. Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. *Sleep* 2008 May;31(5):619-626.
31. Theorell-Haglöw J, Berglund L, Janson C, Lindberg E. Sleep duration and central obesity in women – Differences between short sleepers and long sleepers. *Sleep Med* 2012 9;13(8):1079-1085.
32. Swift DL, Swift D, Johannsen N, Lavie C, Earnest C. The Role of Exercise and Physical Activity in Weight Loss and Maintenance. *ProgCardiovasc Dis* 2014 -01-01;56(4):441; 441-447; 447.
33. Andersen RE, Wadden TA, Bartlett SJ, Zemel B, Verde TJ, Franckowiak SC. Effects of lifestyle activity vs structured aerobic exercise in obese women: a randomized trial. *JAMA* 1999;281(4):335-340.
34. Calleja Fernandez A, Vidal Casariego A, Cano Rodriguez I, Ballesteros Pomar MD. One-year effectiveness of two hypocaloric diets with different protein/carbohydrate ratios in weight loss and insulin resistance. *NutrHosp* 2012 Nov-Dec;27(6):2093-2101.
35. Wadden TA, Vogt RA, Andersen RE, Bartlett SJ, Foster GD, Kuehnel RH, et al.

Exercise in the treatment of obesity: effects of four interventions on body composition, resting energy expenditure, appetite, and mood. *J Consult ClinPsychol* 1997;65(2):269.

36. Pasiakos SM, Cao JJ, Margolis LM, Sauter ER, Whigham LD, McClung JP, et al. Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *The FASEB Journal* 2013.
37. Shai I, Schwarzfuchs D, Henkin Y, Shahar DR, Witkow S, Greenberg I, et al. Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet. *N Engl J Med* 2008;359(3):229-241.
38. Jakicic JM, Clark K, Coleman E, Donnelly JE, Foreyt J, Melanson E, et al. American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(12):2145-2156.
39. Ben Ounis O, Elloumi M, Amri M, Trabelsi Y, Lac G, Tabka Z. Impact of training and hypocaloric diet on fat oxidation and body composition in obese adolescents. *Science & Sports* 2009 0;24(3–4):178-185.
40. Josse AR, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Increased consumption of dairy foods and protein during diet-and exercise-induced weight loss promotes fat mass loss and lean mass gain in overweight and obese premenopausal women. *J Nutr* 2011;141(9):1626-1634.
41. Sousa N, Mendes R, Abrantes C, Sampaio J, Oliveira J. The Long-Term Effects Of Aerobic Training Versus Combined Training On Physical Fitness And Cardiovascular

Diseases Risk Factors In Overweigh Elderly Men With High Blood Pressure. British Journal of Sports Medicine 2013 July 01;47(10):e3-e3.

42. Willis LH, Slentz CA, Bateman LA, Shields AT, Piner LW, Bales CW, et al. Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. J ApplPhysiol 2012;113(12):1831-1837.
43. Avila JJ, Gutierrez JA, Sheehy ME, Lofgren IE, Delmonico MJ. Effect of moderate intensity resistance training during weight loss on body composition and physical performance in overweight older adults. Eur J ApplPhysiol 2010;109(3):517-525.
44. Hunter GR, Byrne NM, Sirikul B, Fernández JR, Zuckerman PA, Darnell BE, et al. Resistance Training Conserves Fat-free Mass and Resting Energy Expenditure Following Weight Loss. Obesity 2008;16(5):1045-1051.
45. Yagi S, Kadota M, Aihara K, Nishikawa K, Hara T, Ise T, et al. Association of lower limb muscle mass and energy expenditure with visceral fat mass in healthy men. Diabetology& metabolic syndrome 2014;6(1):1-5.
46. Dietz P, Hoffmann S, Lachtermann E, Simon P. Influence of exclusive resistance training on body composition and cardiovascular risk factors in overweight or obese children: a systematic review. Obes Facts 2012;5(4):546-560.
47. Benson A, Torode M, Singh MF. The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. Int J Obes 2008;32(6):1016-1027.
48. Farinatti PT, CastinheirasNeto AG. The effect of between-set rest intervals on the oxygen uptake during and after resistance exercise sessions performed with large-

and small-muscle mass. J Strength Cond Res 2011 Nov;25(11):3181-3190.

49. American College of SM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc 2009;41(3):687-708.
50. Willmore JH, Costill DL. Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. 6ª Edición ed. Barcelona: Paidotribo; 2007.
51. Shaw K, Gennat H, O'Rourke P, Del Mar C. Exercise for overweight or obesity. Cochrane Database Syst Rev 2009.
52. Donnelly J, Blair S, Jakicic J, Manore M, Rankin J, Smith B. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. MedSciSportsExerc 2009;41(2):459-471.
53. Rubio MA, Salas-Salvadó J, Barbany M, Moreno B, Aranceta J, Bellido D, et al. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. RevEspObes 2007;5(3):135-175.
54. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. : World Health Organization; 2000.
55. Torres Luque G, García-Martos M, Villaverde Gutiérrez C, Garachatea Vallejo N. Papel del ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la obesidad en adultos. Retos.Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación 2010(18):47-51.



56. Zapico AG, Benito PJ, González-Gross M, Peinado AB, Morencos E, Romero B, et al. Nutrition and physical activity programs for obesity treatment (PRONAF study). methodological approach of the project. BMC PublicHealth 2012;12:1100.
57. Fock KM, Khoo J. Diet and exercise in management of obesity and overweight. J GastroenterolHepatol 2013;28(S4):59-63.
58. Phillips CM, Dillon C, Harrington JM, McCarthy VJC. Defining metabolically healthy obesity: role of dietary and lifestyle factors. PloSone 2013;8(10):e76188.
59. Ortega Anta R, López-Sobaler A, Pérez Farinós N. Associated factors of obesity in Spanish representative samples. NutrHosp 2013;28(Supl 5):56-62.
60. Rodríguez-Rodríguez E, Ortega Anta R, Palmeros-Exsome C, López-Sobaler A. Factores que contribuyen al desarrollo de sobrepeso y obesidad en población adulta española. Nutrclindiethosp 2011;31(1):39-49.
61. Vázquez C, de Cos AI, Calvo C, López-Nomdedeu C. Obesidad: Manual teórico-práctico. Madrid: Díaz de Santos; 2011.
62. Gidding SS, Lichtenstein AH, Faith MS, Karpyn A, Mennella JA, Popkin B, et al. Implementing American Heart Association pediatric and adult nutrition guidelines: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology, Council on Cardiovascular Nursing, Council on Epidemiology and Prevention, and Council for High Blood Pressure Research. Circulation 2009 Mar

3;119(8):1161-1175.

63. Alison B. Evert, ms Jackie I. Boucher, ms Marjorie Cypress, Stephanie A. Dunbar, Marion J. Franz, ms Elizabeth J. Mayer-Davis, Joshua J. Neumiller, Pharmd, Robin Nwankwo, Cassandra I. Verdi, Patti Urbanski, William S. Vancy. Diabetes care publish ahead of print, published online october 9, 2013
64. González-Gross M, Meléndez A. Sedentarism, active lifestyle and sport: impact on health and obesity prevention. *Nutricion Hospitalaria* 2013;28.
65. Varela-Moreiras G, Gil Hernández Á, Martínez de Victoria Muñoz, Emilio. Obesidad y sedentarismo en el siglo XXI:¿ qué se puede y se debe hacer? 2013.
66. MSSSI, INE. Encuesta Nacional de Salud 2011-2012. Determinantes de la Salud. 2013;Disponible:[https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaNac2011/DeterminantesSalud\\_DistribucionPorcentual.pdf](https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaNac2011/DeterminantesSalud_DistribucionPorcentual.pdf). Acceso 02/05, 2014.
67. García Ferrando M, LlopsGoig R. Ideal democrático y bienestar personal: encuesta sobre los hábitos deportivos en España 2010. Primera edición ed. Madrid: Consejo Superior de Deportes. Centro de Investigaciones Sociológicas.; 2011.
68. Jakubowicz D, Barnea M, Wainstein J, Froy O. High Caloric intake at breakfast vs. dinner differentially influences weight loss of overweight and obese women. *Obesity* 2013;21(12):2504-2512.
69. Carbajal Azcona, Ángeles. Registro del consumo de alimentos de tres días. Dpto Nutrición. Facultad de Farmacia. UCM. 2004

70. Lake D. Neuromuscular electrical stimulation. *Sports Med.* 1992; 13:320-336.
71. Maffiuletti N, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. Effects of combined electrostimulation and plyometric training of vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34:1638-1644
72. Brocherie F, Babault N, Cometti G, Maffiuletti N, Chatard JC. Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37:455-460
73. Babault N, Cometti G, Bernardin M, PoussonM, Chatard J. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *J Strength Cond Res.* 2007; 21:431-437
74. Raquena B, Padial P, González-Badillo JJ. Percutaneous electrical stimulation in strength training: An up data. *J Strength Cond Res.* 2005; 19:438-448.
75. JubeauM, Zory R, Gondin J, Martin A, Maffiuletti Na. Late neuronal adaptations to electrical stimulation resistance training of the plantar flexor muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 98:202-211.
76. HolcombWr. Is neuromuscular electrical stimulation and effective alternative to resistance training? *Strength Condit J.* 2005; 27:76-79.
77. Paillard T. Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions. *Sports Med.* 2008; 38:161-177
78. Herrero J, Izquierdo M, Maffiuletti N, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med.* 2006; 27:533-539.

79. Pombo Fernández M, Rodríguez Barnada J, BrunetPàmies X, Requena Sánchez B. La electroestimulación, entrenamiento y periodización. Aplicación práctica al fútbol y 45 deportes, 2004;(2): 11-14.
80. McDonell. Direct stimulation of the adductor pollicis in man. J Physiol, 1979; 300, 2-3.
81. Larsen TM, Dalskov S, van Baak M, Jebb SA, Papadaki A, Pfeiffer AF, et al. Diets with high or low protein content and glycemic index for weight-loss maintenance. N Engl J Med 2010;363(22):2102-2113.
82. Benelam B, Wyness L. Hydration and health: a review. Nutr Bull 2010 03;35(1):3-25.
83. Daniels MC, Popkin BM. Impact of water intake on energy intake and weight status: a systematic review. Nutr Rev 2010 09;68(9):505-521.
84. Jakubowicz D, Barnea M, Wainstein J, Froy O. High Caloric intake at breakfast vs. dinner differentially influences weight loss of overweight and obese women. Obesity 2013;21(12):2504-2512.
85. Garaulet M, Gómez-Abellán P, Albuquerque-Béjar JJ, Lee Y, Ordovás JM, Scheer FA. Timing of food intake predicts weight loss effectiveness. Int J Obes 2013;37(4):604-611.
86. Heredia JR, Isidro F, Peña G, Mata F, Moral S, Martín M, et al. Criterios básicos para el diseño de programas de acondicionamiento neuromuscular saludable en centros

de fitness.

87. Vilaca, J., Bottaro, M., & Santos, C. (2011). Energy expenditure combining strength and aerobic training. *J Hum Kinet*, 29A, 21-25. doi: 10.2478/v10078-011-0054-5
88. Willis, L. H., Slentz, C. A., Bateman, L. A., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., Kraus, W. E. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *J Appl Physiol* (1985), 113(12), 1831-1837. doi: 10.1152/jappphysiol.01370.2011
89. Fisher J, Steele J, Bruce-Low S, Smith D. Evidence-based resistance training recommendations. *Med Sport* 2011;15(3):147-162 CAMBIAR POR: Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch [sic] TK, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 687-708.
90. Gibala, M. J., & McGee, S.L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exercise and sport sciences reviews*, 36 (2), 28-63.
91. Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K., & Cureton, K. J. (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and metanalysis. *Sports Medicine*, 44 (2), 269-279
92. Gibala, M. J., & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training.
93. Elliot DL, Goldberg L, Kuehl KS. Effects of resistance training on excess post-exercise O<sub>2</sub> consumption. *J Appl Sports Sci Res*. 1992;6:77Y81.
94. Haltom R, Kraemer RR, Sloan RA, Frank K, Tryniecki JL. Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc*.

1999;31:1202Y7.

95. Murphy E, Schwarzkopf R. Effects of standard set and circuit weight training on excess post-exercise oxygen consumption. *J Strength Cond Res.* 1992;6(2):66Y124.
96. Heden L, Lox C, Rose P, Reid S, Kirk EP. One set resistance training elevates energy expenditure for 72 hours similar to three sets. *Eur J ApplPhysiol.* 2011;111(3):477Y84
97. Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985) Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2, 267-278.
98. Lehmann, J. F., Masock, A. J., Warren, C. G., &Koblanski, J. N. (1970) Effect of therapeutic temperatures on tendon extensibility. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 51, 481-487
99. Dolezal BA, Potteiger JA. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J ApplPhysiol* 85:695–700, 1998
100. Lemmer JT, Ivey FM, Ryan AS, Martel GF, Hurlbut DE, Metter JE, Fozard JL, Fleg JL, Hurley BF. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Med Sci Sports Exerc* 33: 532–541, 2001.
101. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, Limacher M, Pina IL, Stein RA, Williams M, Bazzarre T. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation* 101: 828 –833, 2000.

102. Pratley R, Nicklas B, Rubin M, Miller J, Smith A, Smith M, Hurley B, Goldberg A. Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *J ApplPhysiol* 76: 133–137, 1994
103. García Manso JM, Granell JC, Giron PL, Abella CP. *El talento deportivo*. Madrid: Gymnos, 2003
104. Martínez-Sanz JM y Urdampilleta A. Antropometría y control de peso. *Sport Training Magazine*. 2012; 41:54
105. Martínez-Sanz JM, Cejuela R, Cabañas Armesilla MD, Urdampilleta Otegui A. *Evaluación cineantropométrica II: Composición corporal, somatotipo y proporcionalidad*. Valencia: Universidad de Valencia y Fundación Universidad Empresa ADEIT; 2011.
106. Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez Ríaza L, Moreno Pascual C, Porta Manceñido J, et al. *Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo*. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *AMD*. 2010;27-330-44
107. Lapique L. *La Cronaixe et ses applications physiologiques*. Hermann & Cie, Paris 1938
108. Pombo Fernández M, Rodríguez Barnada J, Brunet Pàmies X, Requena Sánchez B. La electroestimulación, entrenamiento y periodización. Aplicación práctica al fútbol y 45 deportes, 2004;(2):15-39

109. Duchateau F. (1997), Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions. *Exp Brain Res* 114,117-23.
110. Hudlicka (1990). The role of blood flow and/or muscle hypoxia in capillary growth in chronically stimulated fast muscles. *Pflügers Arch* 417, 67-72.
111. Rigaux, P (1995). Influence de la fréquence de stimulation neuromusculaire électrique de la jambe sur le débit artériel fémoral. *J Mald Vascul (Paris)* 20:9-13.
112. Henriksson (1986). Chronic stimulation of mammalian muscle: changes in enzymes of six metabolic pathways. *Am J Physiol* 251(Cel physiol 20) C614-32.
113. Cometti (1995), Electrical stimulation and swimming performance, *Med Sci Sport Exerc* 27, 1671-76
114. Rowlerson (1983). The fibre type composition of the first branchial arch muscles in carnívora and primates. *J Muscles Res Cell Motil* 4, 443-72.
115. Kemmler Wolfgang; Bebenek, Michael; Engelke, Klaus; von Stengel, Simon. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: the Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). . (2014): 395-406
116. Margaret E. Ciccolella, Brian Moore, J. Mark VanNess, James Wyant. Exertional Rhabdomyolysis and the Law: A Brief Review. *Clin J Sport Med* 2014;0:1–3
117. Tracy J. Brudvig, PT, DPT, PhD, OCS, Patricia I. Fitzgerald, PT, PhD, MPT, CSCS Saint Francis University, Loretto, Pennsylvania. Identification of Signs and Symptoms of Acute Exertional Rhabdomyolysis in Athletes: A Guide for the Practitioner. *National Strength and Conditioning Association* (2007); 29, (1): 10-14



118. Wolfgang Kemmler and Simon von Stengel. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. 2013; 8: 1353–1364.
119. Kemmler, Wolfgang; Schliffka, Rebecca; Mayhew, Jerry L; von Stengel, Simon. Effects of Whole-Body Electromyostimulation on Resting Metabolic Rate, Body Composition, and Maximum Strength in Postmenopausal Women: the Training and ElectroStimulation Trial. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010; 24,(7):1880-1887
120. Badillo JJG, Serna JR. La carga del entrenamiento. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza: Inde; 2002. p. 127-156.
121. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009 -03-01;41(3):687-708.
122. Guillén Astete CA, et al. Rhabdomiólisis secundaria a la realización de actividad física y electroestimulación simultánea: reporte de un caso. *Reumatol Clin*. 2015.
123. Josef Finsterer, Claudia Stöllberger. Severe rhabdomyolysis after MIHA-bodytec® electrostimulation with previous mild hyper-CK-emia and noncompaction. *International Journal of Cardiology* 180 (2015) 100–102
124. P Guarascio, E A Lusi and F Soccorsi. Electronic muscular stimulators: a novel unsuspected cause of rhabdomyolysis. *Br J Sports Med* 2004 38: 505-507
125. Kaymaz, D, Ergün P, Demirci E, Demir N. Comparison of the effects of neuromuscular electrical stimulation and endurance training in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Tuberk Toraks* 2015;63 (1):1-7

126. Van Buuren F, Horstkotte D, Mellwig KP, Fründ A, Vlachojannis M, Bogunovic N, Dimitriadis Z, Vortherms J, Humphrey R, Niebauer J. Electrical Myostimulation (EMS) Improves Glucose Metabolism and Oxygen Uptake in Type 2 Diabetes Mellitus Patients-Results from the EMS Study. *Diabetes Technol Ther*. 2015
127. Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *J Strength Cond Res* 2006 May;20(2):252-256.